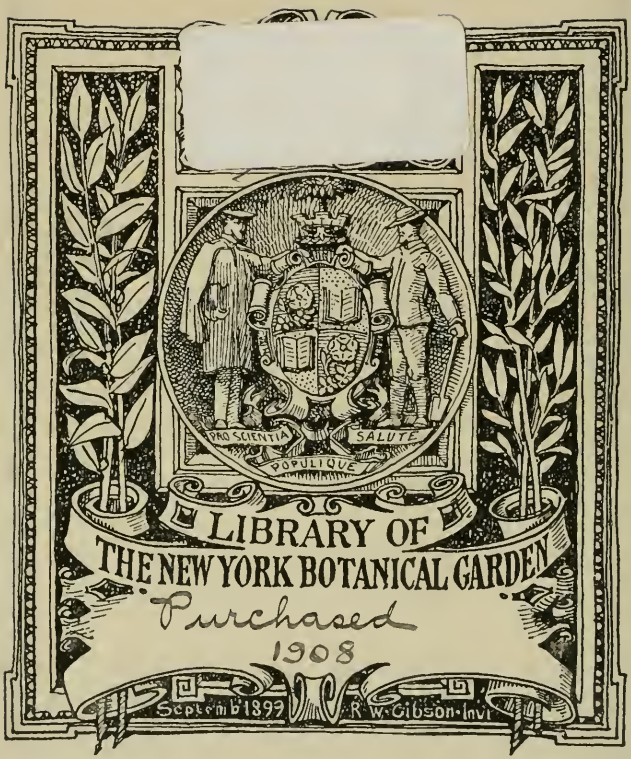
Wiesner-Festschrift


PRO SCIENTIA ATQUE SALUTE POPULIQUE
LIBRARY OF
THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
Purchased
1908
September 1899
R. W. Gibson. Invt.

Wiesner-Festschrift

Im Auftrage des Festkomitees

redigiert von

K. LINSBAUER

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Mit 56 Textfiguren und 23 Tafeln

WIEN 1908

Verlagsbuchhandlung Carl Konegen (Ernst Stülpnagel)

QK 3
.W54

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

Gesellschafts-Buchdruckerei Brüder Hollinek, Wien III. Erdbergstraße 3.

JULIUS WIESNER

anläßlich der Vollendung des 70. Lebensjahres

überreicht von

FREUNDEN UND SCHÜLERN.

WIEN, am 20. Jänner 1908.

MAR 20 1908

Die vorliegende Festschrift soll vor allem ein Zeichen der Verehrung und Anerkennung der Verdienste sein, die sich der Jubilar in rastloser und unermüdlicher Arbeit als Lehrer und Forscher erworben. Mit der Vollendung des 70. Lebensjahres ist aber auch gleichzeitig die Erreichung eines bedeutsamen Lebensabschnittes verbunden, insoferne als das Scheiden, wenn nicht von der wissenschaftlichen Forschung, so doch vom Lehrberufe nahe gerückt erscheint, von der Stätte längst gewohnten Schaffens und Wirkens, von der Stätte, an welche der gefeierte Gelehrte als erster in Österreich berufen war, Pflanzenphysiologie zum selbständigen Lehrgegenstand zu erheben und Generationen die Wege der Forschung zu weisen. So ist diese Festschrift auch ein Abschiedsgruß an den Scheidenden, eine Gabe, mit der Jünger und Freunde das Beste bieten, was sie zu geben haben: dem geistig schaffenden Manne Resultate eigenen Forschens.

Wenngleich es — aus äußeren Gründen — nur wenigen gegönnt war, in dieser Festschrift zu Worte zu kommen, so haben sich an deren Zustandekommen doch viele Freunde und Schüler des Meisters im In- und Auslande betätigt. Aber auch Männer der Praxis und eine Reihe von Korporationen haben sich an dieser Ehrung beteiligt, der Festfeier auf diese Art ein charakteristisches Gepräge verleihend. Sie haben dadurch, daß sie beigesteuert haben, zum Ausdrucke gebracht, daß sie Wiesners Einfluß erkannt und anerkennend und dankbar gewürdigt haben.

Und so ist Wiesners stetes Bestreben, die Wissenschaft der Praxis dienstbar zu machen, sowie sein Trachten, über die engen Grenzen der Spezialforschung hinaus den Gedankenflug in Nachbargebiete der Wissenschaft zu nehmen, wiedergespiegelt in den Namen und Beiträgen der Männer, deren Zusammenwirken diese Festschrift ihre Entstehung verdankt.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Ambronn H., Über die Veränderungen des chemischen und physikalischen Verhaltens der Zellulose durch Einlagerung von Schwefelzink . . 193
Burgerstein A., Vergleichende Anatomie des Holzes der Koniferen . 101
Chamberlain H. St., Goethe, Linné und die exakte Wissenschaft der Natur 225
Czapek Fr., Geotropismus und Pflanzenform 92
Darwin Fr., On the Localisation of Geoperception in the Cotyledon of Sarghum 125
Figdor W., Experimentelle Studien über die heliotropische Empfindlichkeit der Pflanzen 287
Fritsch K., Über das Vorkommen von Cystolithen bei *Klugia zeylanica* 412
Goebel K., Über Symmetrieverhältnisse in Blüten 151
Grafe V., Studien über das Gummiferment 253
Haberlandt G., Zwei Briefe Hugo von Mohls an Franz Unger 48
Hanausek T. F., Neue Mitteilungen über die sogenannte Kohleschicht der Kompositen 139
Heinricher E., Beeinflussung der Samenkeimung durch das Licht . . 263
Höhnel Fr. v. und Litschauer V., Österreichische Corticieen 56
Jenčič A., Mikroskopische Untersuchung altägyptischer Inschriftenhölzer 497
Kammerer P., Symbiose zwischen *Oedogonium undulatum* mit Wasserjungferlarven 239
Karzel R., Die Verholzung der Spaltöffnungen bei Cycadeen 510
Koorders S. H., Über *Wiesneriomyces*, eine im Jahre 1906 in Java entdeckte Gattung der *Tuberculariaceae-Mucedineae-Phragmosporeae* . . 329
Krasser F., Kritische Bemerkungen und Übersicht über die bisher zutage geförderte fossile Flora des unteren Lias der österreichischen Voralpen 437
Linsbauer K., Über Reizleitungsgeschwindigkeit und Latenzzeit bei *Mimosa pudica* 396
Linsbauer L., Über photochemische Induktion bei der Anthokyanbildung 421
Litschauer V., siehe Höhnel Fr. v.
Lopriore G., Zwillingswurzeln 535
Möbius M., Über ein eigentümliches Vorkommen von Kieselkörpern in der Epidermis und den Bau des Blattes von *Callisia repens* . . . 81
Mikosch C., Über den Einfluß des Reises auf die Unterlage 280
Molisch H., Über einige angeblich leuchtende Pilze 19

Seite

Němec B., Einige Regenerationsversuche an *Taraxacum*-Wurzeln . . . 207
Nestler A., Das Hautgift der Cypripedien 200
Portheim L. v. und Samec M., Orientierende Untersuchungen über die Atmung gesunder und infolge von Kalkmangel erkrankter Keimlinge von *Phaseolus vulgaris* 113
Przibram H., Wiederaufnahme des Wachstums von Strünken der *Sequia sempervirens Endl.* 525
Raciborski M., *Coreopsis tinctoria var. prolifica:* eine unzweckmäßige Mutation 417
Reinke J., Kritische Abstammungslehre 11
Richter O., Über die Notwendigkeit des Natriums für eine farblose Meeresdiatomee 167
Samec, siehe Portheim.
Schiffner V., Ökologische Studie über die sogenannten »Knieholzwiesen des Isergebirges 452
Senft E., Über das Vorkommen von »Physcion« (Hesse) = »Parietin (Thomsor, Zopf) in den Flechten und den mikrochemischen Nachweis desselben 176
Skraup Zd. H., Über das Leucin aus Proteinen 477
Solla R., Die Fortschritte der Phytopathologie in den letzten Jahrzehnten und deren Beziehung zu den anderen Wissenschaften 308
Stoklasa J., Die Atmungsenzyme in den Pflanzenorganen 216
Strakosch S., Die Ernährungsphysiologie der Pflanzen in ihren Beziehungen zur Volkswirtschaft 517
Strasburger E., Einiges über Characeen und Amitose 24
Strohmer F., Über Aufspeicherung und Wanderung des Rohrzuckers (Saccharose) in der Zuckerrübe (*Beta vulgaris*) 479
Trelease W., Variegation in the Agaveae 332
Tschirch A., Grundlinien einer physiologischen Chemie der pflanzlichen Sekrete 1
Wegscheider R., Über die Verseifung der Fette 473
Weinzierl Th. v., Zur Mechanik der Embryoentfaltung bei den Gramineen 379
Wettstein R. v., Über sprungweise Zunahme der Fertilität bei Bastarden 368
Wilhelm K., Über einen merkwürdigen Fichtengipfel 528
Zickes H., Über das *Bacterium polychromicum* und seine Farbstoffproduktion 357

Grundlinien einer physiologischen Chemie der pflanzlichen Sekrete

von

A. Tschirch (Bern).

Eingelangt am 21. Juni 1907.

Als ich im Jahre 1888 an das Studium der pflanzlichen Sekrete, speziell der Harze, herantrat, waren es pflanzenphysiologische Gesichtspunkte, die mich leiteten. Ich hatte die Tatsache ermittelt, daß es Pflanzen gibt, die normalerweise kein Sekret enthalten oder bilden und erst nach Verletzungen zur Bildung von Sekretbehältern schreiten. Es eröffnete sich hier die Aussicht, durch vergleichend-chemisches Studium einerseits der normalen sekretfreien Rinde des Baumes, anderseits des Harzes der Entstehung des Sekrets auf die Spur zu kommen. Die Ergebnisse der Untersuchungen entsprachen nicht den Erwartungen. Außer den weitverbreiteten Bestandteilen wurden bei Styrax Benzoïn keine besonders charakteristischen Substanzen, bei Myroxylon Pereirae nur Kumarin gefunden, das zu den Bestandteilen des Perubalsams zwar direkte Beziehungen zeigt, aber keineswegs als ein einfacherer Körper wie jene und demnach auch nicht als ein auf dem Wege zu ihnen liegender Körper zu betrachten ist.

Ganz im Stiche ließen mikrochemische Untersuchungen.

Die Frage mußte daher am anderen Ende angefaßt, es mußte versucht werden, durch ein genaues Studium der Sekrete zu Rückschlüssen auf deren Aufbau zu gelangen. Dieses eingehendere Studium der Sekrete habe ich denn auch in Angriff genommen und bin nun nach fünfzehnjähriger Arbeit zu einigen allgemeineren Resultaten gelangt, die als ein Anfang einer physiologischen Chemie der Sekrete betrachtet werden können.

Zunächst zeigte es sich, daß sich die Harzsekrete — und nur mit diesen (mit Einschluß der Milchsäfte) habe ich mich beschäftigt —

nicht alle unter einen Hut bringen lassen, daß sie so mannigfaltig sind, daß man sie zunächst einmal in besondere Klassen bringen und diese gesondert betrachten muß. Es zeigte sich ferner, daß eine oftmals sehr klar hervortretende Beziehung zwischen der chemischen Zusammensetzung des Sekrets einerseits und der Pflanzenfamilie, zu der die das Sekret erzeugende Pflanze gehört, anderseits besteht.

In vielen Fällen läßt sich geradezu aus der chemischen Beschaffenheit eines Sekretes ein Rückschluß auf die Pflanzenfamilie ziehen. Die Sekrete der Umbelliferen, der Burseraceen, der Koniferen, Konvolvulaceen, Sapotaceen besitzen so viele Besonderheiten, so viele charakteristische Züge, daß man auch chemisch sie sehr wohl als besondere Familien betrachten kann. Das ist nun zwar im allgemeinen die Regel. Doch gibt es auch Ausnahmen und gerade diese Ausnahmen bieten vielleicht einige Fingerzeige, wo die Gesetze der Harzbildung zu suchen sein werden. Die Benzharze[1]) zum Beispiel zeigen zwar unter sich Familienähnlichkeit, gehören aber sehr verschiedenen Pflanzenfamilien an, die im System oft weit voneinander entfernt stehen. Leguminosen, Styraceen, Balsamifluae, Liliaceen und Palmen stehen zum Beispiel im System so weit voneinander wie möglich und doch zeigen ihre Sekrete viel Übereinstimmendes. Das gleiche gilt von den Kautschuken, die ziemlich ähnlich sind, obwohl sie aus mindestens sechs, keineswegs im System benachbarten Familien stammen, nämlich den Euphorbiaceen, Artokarpeen, Apocyneen, Kompositen, Loranthaceen und Musaceen.

Es läßt sich also eine Einteilung der Harzsekrete nach den Pflanzenfamilien nur in beschränktem Maße durchführen. Wollen wir Grundlagen für eine physiologische Chemie der Sekrete gewinnen, so müssen wir die wesentlichen und gemeinsamen Züge, in der chemischen Physiognomie der Sekrete aufsuchen. Und da läßt sich nun folgendes als das Wesentliche aus der erdrückenden Fülle der Einzelerscheinungen herausschälen.

Die erste Gruppe bilden die Tannolharze, Harzsekrete, welche die Ester von Resinotannolen und aromatischen, zur Benzoësäure- und Zimmtsäurereihe gehörenden Säuren enthalten. Mit der Auffindung dieser Klasse von Harzen war

[1]) Ich setze die Kenntnis der Ergebnisse meiner Sekretstudien als bekannt voraus und verweise auf mein Buch »Die Harze und die Harzbehälter«. II. Aufl. Berlin 1906.

der Beweis erbracht, daß auch viele Harze — gerade wie die Fette — Ester sind. Es darf als eine der größten Überraschungen der an Überraschungen doch so reichen Sekretstudien betrachtet werden, daß man gerade hier auf Glieder der Gerbstoffgruppe stieß. Gerade diese Substanzen hatte ich hier am wenigsten erwartet, obwohl ja schon mehrfach früher von einer »Entstehung der Harze aus Gerbstoffen« gesprochen worden war, freilich ohne für diese Vermutung etwas anderes anzuführen, als daß in der Nähe von Sekretbehältern Gerbstoffe im Gewebe vorkommen. Aber Gerbstoffe sind ja überhaupt so häufige Bestandteile von Pflanzenteilen, ja gerade solcher, die niemals Harze bilden und treten anderseits gerade besonders reichlich in den Organen von Pflanzen auf, die Sekrete erzeugen, welche keine Resinotannole enthalten (Koniferen), daß hierauf sich jedenfalls eine Harzbildungstheorie nicht gründen ließ. Wirkliche Beziehungen zwischen Harzen und Gerbstoffen sind erst durch die Entdeckung der Gruppe der Resinotannole in den Benzharzen und Harzen der Umbelliferen aufgedeckt worden.

Daß die Resinotannole aromatische Phenole sind, unterliegt keinem Zweifel. Schon ihr Verhalten zu Eisensalzen läßt dies erwarten und das Auftreten von Pikrinsäure bei der Einwirkung von Salpetersäure bestätigt es. Einige, wie die Tannole der Akaroide, gehen sogar hierbei glatt in Pikrinsäure über.

Auch das Auftreten von Benzol, Toluol, Styrol bei der Zinkstaubdestillation stimmt hierzu. Sind es aber aromatische Phenole, so treten sie zu den Harzester (Resine) bildenden aromatischen Säuren, die wir mit ihnen gepaart finden, in nächste Beziehung. Diese Säuren gehören zu zwei Gruppen. Die eine Gruppe ist die der Benzoësäure und Salizylsäure, die andere die der Zimtsäure und der Oxyzimtsäuren (Parakumarsäure, Kaffeesäure, Ferulasäure, Umbelliferon).

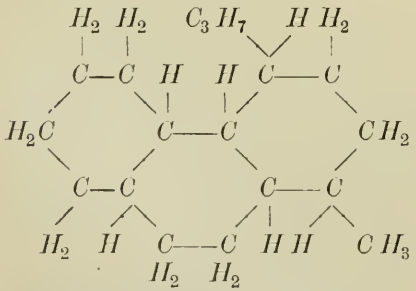
Um die Entstehung dieser Harzester von aromatischen Phenolen und aromatischen Säuren zu verstehen, brauchen wir also nur anzunehmen, daß in der lebenden Zelle durch Ringschließung ursprünglicher Kohlenstoffketten aromatische Kerne gebildet werden, die sich nach verschiedenen Richtungen weiter bilden.

Ganz anders verhält es sich mit den Resinolsäuren (Harzsäuren) und den Resinolen (Harzalkoholen).

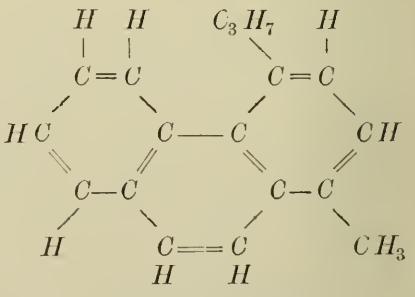
Den Harzsäuren der Koniferen — den typischen Vertretern der Resinolsäuren — deren Zahl zurzeit eine ziemlich große ist, die sich aber wahrscheinlich auf wenige Typen werden zurück-

führen lassen, liegen sicher keine aromatischen Kerne zugrunde. Wo man versucht hat, doppelte Bindungen nachzuweisen, wurden überall nur eine oder zwei in dem großen Molekül gefunden, die Mehrzahl der Kohlenstoffatome ist nicht doppelt gebunden, sondern einfach wie bei den aliphatischen Verbindungen. Allerdings dürfen wir auch bei ihnen Ringschluß annehmen. Aber ihr ganzes Verhalten zeigt, daß sie zu den hydroaromatischen Verbindungen gehören. Ihre große Resistenz gegen Reagenzien, ein Umstand, der den Harzen, die sie enthalten, ja gerade ihre Bedeutung für die Praxis der Lackindustrie gibt, stellt sie zu dieser Gruppe, die den Übergang bildet zwischen den aromatischen und aliphatischen Körpern. Hier kann der Ringschluß im Stoffwechsel der Zelle ursprünglich gebildeter aliphatischer Körper noch einfacher sich gestalten.

Es ist mir nun geglückt, den Kern, der wenigstens einigen dieser Harzsäuren zugrunde liegt, aufzufinden und ihre Ableitung aus demselben wahrscheinlich zu machen. Bereits 1900 habe ich gezeigt, daß bei der Destillation von Koniferenharzsäuren Reten auftritt und daß im Harzöle hydrierte Retene sich finden und gleichzeitig darauf hingewiesen, daß der zum Reten gehörige vollständig hydrierte Kohlenwasserstoff, der Fichtelit, sich vielfach an den Stellen in alten, der Zersetzung anheimgefallenen Nadelholzlagern findet, wo ehedem Harz lag, das heißt an den Orten der Sekretbehälter. Später sind auch Vesterberg und Easterfield auf Reten gestoßen. Ich will mich an dieser Stelle nicht auf eine Diskussion der Reten- und Fichtelitformeln, die noch nicht ganz feststehen, einlassen, sondern einmal die Bambergersche Formulierung zugrunde legen und auch den (wie wir sogleich sehen werden) im Reten steckenden Terpenkern nicht diskutieren. Wir erhalten dann folgende Reihe:

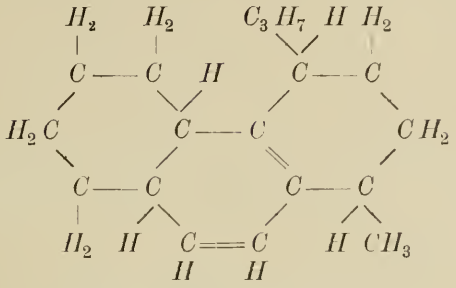


Perhydroreten = $C_{18}H_{32}$
(Fichtelit)



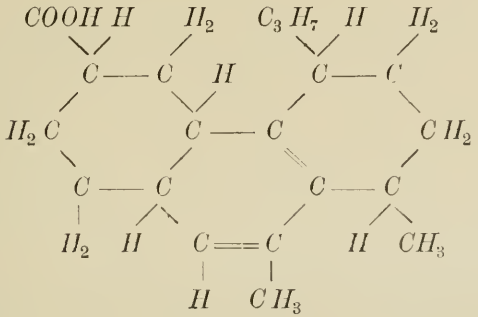
Reten = $C_{18}H_{18}$

Zwischen beiden läge ein Dekahydroreten:



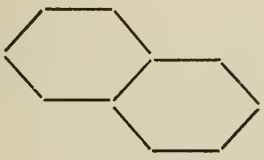
Dekahydroreten = $C_{18}H_{28}$

und von diesem ließe sich dann z. B. die Pimarsäure durch Ersatz des einen Wasserstoffatoms durch CH_3, eines anderen durch die $COOH$-Gruppe ableiten (Stellung dieser beiden Gruppen willkürlich gewählt):

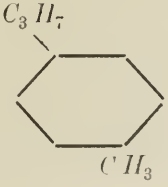


Pimarsäure = $C_{20}H_{30}O_2$

Weitere Gründe, warum ich diese Formel oder eine ähnliche für wahrscheinlich halte, sind, daß sich in der Tat zwei doppelte Bindungen nachweisen lassen und man bei der Spaltung der Säuren der Pimar- und Abietinsäuregruppe entweder Naphthalin, bezw. Methylnaphthalin oder Terpene erhält, nicht beide gleichzeitig, also entweder:



oder



Mit der Annahme eines Terpenkernes in ihnen treten die Koniferenharze aber in nahe Beziehungen zu den Terpenen, die sie so oft begleiten und man darf wohl für beide eine gemeinsame Muttersubstanz annehmen. Welche diese ist, ist allerdings noch ganz unklar, da wir über Beziehungen der Terpene, z. B. zu Kohlehydraten nichts wissen. Müssen wir nun aber auch hier Kohlehydrate, die ja allerdings im Stoffwechsel der Zelle die Hauptrolle als Muttersubstanzen spielen werden, zum Ausgangspunkt nehmen? Gibt es nicht noch andere weit verbreitete Zellinhaltsbestandteile?

Ich habe schon 1894 darauf hingewiesen, daß das Phytosterin (Cholesterin) ein ganz regelmäßiger Bestandteil der Pflanzen ist und wahrscheinlich keiner Zelle fehlt. Richtiger wird man wohl von Phytosterinen sprechen dürfen, denn es gibt deren offenbar mehrere, es handelt sich um eine Gruppe. Ich habe dann auch darauf hingewiesen, daß sie wahrscheinlich der Schlüssel sein werden zur Aufklärung zahlreicher Stoffwechselprozesse. Wenn wir erst ihre Konstitution kennen werden, wird — daran zweifle ich nicht — auf vieles ein Licht fallen, was jetzt noch dunkel ist. Leider ist die Konstitution des Phytosterins noch nicht ganz aufgeklärt. Einige der Formeln zeigen Beziehungen zu den Terpenen, eine wird von einem reduzierten Picen abgeleitet. Aber etwas Sicheres wissen wir noch nicht. In Beziehungen zu den Terpenen und den Koniferenharzsäuren wurden die Cholesterine auch schon von Liebermann und Walitzky gebracht.

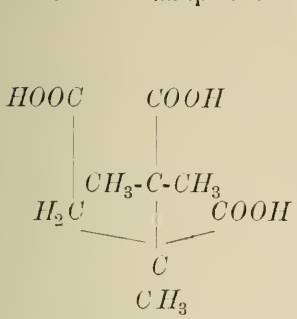
Eine Andeutung, daß solche Beziehungen bestehen, haben wir in den ähnlichen Farbenreaktionen und ich habe daher im Laufe von zehn Jahren alle Glieder der Harzsäurereihe, die meine Schüler isolierten, mit den üblichen Cholesterinreagenzien geprüft. In vielen Fällen, z. B. bei der Abietinsäure, bekommt man ganz ähnliche Reaktionen, in anderen tritt die Ähnlichkeit nicht klar hervor.

Daß α-Cholesterilen, a und b-Cholesteron, Kampfer und Terpentinöl mit Salzsäure und Eisenchlorid dieselbe Reaktion wie Cholesterin geben, ist längst bekannt (Weyl). Aber auch wenn wir das Cholesterin ausschalten, können wir von verhältnismäßig einfachen Körpern in die Nähe der Koniferenharzsäuren gelangen.

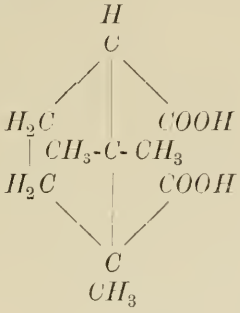
Lawrence bekam nämlich durch Oxydation der β-Isopropylglutarsäure Terpenilsäure und bei der Oxydation dieser Terebinsäure, die man ja bekanntlich sowohl aus Pinen wie auch durch

Oxydation des Kolophoniums, d. h. der Abietinsäure, erhalten kann. Die Glutarsäure (normale Brenzweinsäure) ist aber eine verhältnismäßig einfach gebaute, mit der Weinsäure verwandte Substanz.

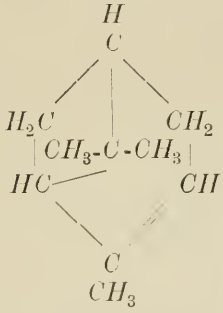
Daß man beim Abbau von Koniferenharzen und Koniferenharzsäuren Glieder der Terpenreihe erhält, ist schon oben erwähnt, auch die den Koniferenharzen verwandten Amyrine, die sehr ausgesprochene Phytosterinreaktionen geben, liefern solche, denn die Amyrilene (Vesterbergs) dürfen zu den Terpenen gerechnet werden. Ja sogar eines der von uns isolierten Resinotannole, das Galbaresinotannol (aus Galbanum), führt uns in die Nähe des Pinens, denn es liefert bei der Oxydation mit Salpetersäure Kampfersäure und Kamphoronsäure.



Kamphoronsäure



Kampfersäure.



Pinen.

Wenn wir auch heute noch nichts Bestimmtes über die Konstitution der Koniferenharzsäuren aussagen können, so ist es doch sehr wahrscheinlich, daß sie zu den hydroaromatischen Verbindungen gehören, von einem hydrierten Reten sich ableiten und sowohl zu den Terpenen wie den Phytosterinen in Beziehung stehen. Aber ich möchte nicht die Hypothese aufstellen, daß sie aus ihnen hervorgehen. Das Phytosterin ist offenbar selbst ein viel zu komplizierter Körper, um Muttersubstanz der Koniferenharzsäuren sein zu können, aber auch die Terpene der Formel $C_{10}H_{16}$ sind wahrscheinlich nicht die Muttersubstanzen, wenigstens nicht in der Art, wie man es bisher immer meinte. Denn aus der Tatsache, daß Terpentinöl leicht verharzt, hatte man, seit Rose sein Harzradikal aufgestellt, stets geschlossen: also geht die Abietinsäure aus dem Terpentinöl hervor. Untersucht man jedoch die bei der Verharzung des Terpentinöls entstehenden Verbindungen, so zeigt sich, daß sie keine Abietinsäure oder Pimarsäure sind, sondern hauptsächlich aus Resenen bestehen. Diese sind offenbar Substanzen, die

viel nähere Beziehungen zu den Terpenen zeigen und ich glaube nicht weit von der Wahrheit entfernt zu bleiben, wenn ich sie als Oxypolyterpene anspreche.

Allerdings entstehen bei der Verharzung des Terpentinöls auch saure Verbindungen, wohl Peroxyde oder etwas dergleichen, aber keine der bekannten Harzsäuren wurde bisher gefunden.

Doch gibt es ein Harz, dessen Bestandteile, wie es scheint, vorwiegend aus dem ätherischen Öl stammen: die Myrrhe, aber auch kein Öl verharzt so leicht wie das Myrrhenöl.

Vielfache Verwandtschaft mit den Harzsäuren zeigen die Harzalkohole oder Resinole. Auch bei einigen von diesen treten Beziehungen zu den Cholesterinen und Terpenen hervor. Ihr Studium erscheint mir als besonders aussichtsreich für den weiteren Ausbau einer physiologischen Chemie der Harze. Denn bei einigen von ihnen treffen wir auf die interessante Tatsache, daß sie sich in verschiedenen Pflanzenfamilien finden, so z. B. das Amyrin in Burseraceen und Rutaceen, Resinole der Formel $C_{16}H_{26}O_2$ in Styracaceen und Balsamifluae. Da einige dieser Verbindungen sehr gut kristallisieren, wird ihr weiteres Studium erleichtert. Denn das ist bei den Harzkörpern so unangenehm, daß man so oft auf amorphe Körper stößt, die durch kein Mittel zum Kristallisieren zu bringen sind.

Eine Gruppe von Resinolen verhält sich dagegen ganz anders. Es sind dies die Resinole des Guajakharzes. Wir haben es bei ihnen offenbar mit Kondensationsprodukten zwischen aliphatischen Substanzen (Tiglinaldehyd) und aromatischen Phenolen (Guajacol, Kreosol) zu tun.

Aber auch Vertreter der aliphatischen Reihe selbst sind in Harzen gefunden worden. Die Aleuritinsäure des Stocklack ist ein Beispiel hierfür und auch das Konvolvulin enthält neben Zuckerresten auch aliphatische Säuren. (Methyl-aethylessigsäure, α-Methyl-β-oxybuttersäure.) Und ganz neuerdings hat ja Harries die Kautschugutta vom Lävulinaldehyd abgeleitet und sie als 1·5 Dimethyl-cyklooktadiën betrachtet der Formel:

$$\left[\begin{array}{l} CH_3.C.CH_2.CH_2.CH \\ \qquad\ \ \| \qquad\qquad\qquad \| \\ \ H\ \ C.CH_2.CH_2.C.CH_3 \end{array}\right] x$$

d. h. als ein Vielfaches der Pentadiënyl-Recten (C_5H_8), ähnlich wie Zellulose und Stärke Multi-Anhydride des Traubenzuckers sind. Harries denkt sich die Bildung der Kautschugutta in der

Weise verlaufend, daß der Zucker (Pentosen) zu dem Reste $C_5 H_8$ reduziert und dann in statu nascendi zum Komplex ($C_{10} H_{16}$) kondensiert wird. Daß die Zucker zum Lävulinaldehyd und der Lävulinsäure Beziehungen besitzen, ist ja bekannt.

Hier wäre also die Genese eines Harzkörpers direkt bis zum Zucker, der wohl als die Quelle der meisten Zellinhaltsbestandteile zu betrachten ist, zu verfolgen.

Überschaut man das Gesagte, so läßt sich vorläufig nur das eine sagen, daß die Harze überhaupt keine chemisch einheitliche Gruppe sind, sondern sich aus den verschiedensten Körperklassen rekrutieren, für die eine gemeinsame Muttersubstanz vorläufig nicht erkennbar ist.

Nur in wenigen Fällen gelang es bisher, plausible Hypothesen über ihre Bildung zu entwickeln. Aber Andeutungen finden sich allenthalben.

Dies gilt von den Bestandteilen des eigentlichen Harzkörpers, des Reinharzes. Nicht viel mehr wissen wir über die »Beisubstanzen«, d. h. die Substanzen, welche den Harzkörper begleiten. Allerdings können wir sie oftmals in Beziehung bringen zu dem Harzkörper. So finden wir nicht selten unter den Beisubstanzen die Spaltlinge der Harzester sowohl der Tannolreihe wie der Resinolreihe, dann bei Harzen mit aromatischen Harzestern andere Körper der aromatischen Reihe (Ester, Säuren und Aldehyde), bei den Koniferenharzen, die man früher direkt als »Terpenharze« bezeichnete, Terpene. Ganz unklar war bisher das ganz regelmäßige Auftreten von Bitterstoffen unter den Beisubstanzen, bis es uns neuerdings gelang, von einer nicht bitteren Harzsäure des Sandarak zu einem Bitterstoff zu gelangen, so daß wir wohl jetzt annehmen dürfen, daß auch diese Substanzen zum eigentlichen Harzkörper in Beziehung stehen.

Als ganz aufgeklärt betrachte ich dagegen das Auftreten gummiartiger Körper neben den Harzen, zum Beispiel in den sogenannten Gummiharzen. Da die Sekretbildung in der resinogenen Schicht erfolgt, diese aber aus Gummi-, respektive Schleimsubstanz besteht, wird in allen den Fällen, wo die resinogene Substanz lange erhalten bleibt und weich ist (Umbelliferen), beim Anschneiden des Organs das Harz mit dem Gummi zusammen ausfließen (Umbelliferengummiharze); während überall dort, wo die resinogene Schicht frühzeitig zugrunde geht oder derb ist (Koniferen), eine Beimischung von Gummi zum Harz nicht beobachtet wird (Koniferenharze). Daß diese also der resinogenen Schicht

entstammende Gummisubstanz stets Enzyme (Gummasen) enthält, ist interessant und vielleicht eine Andeutung, daß die Umbildung der von den sezernierenden Zellen gebildeten resinogenen Substanzen in das Sekret unter Mithilfe von Fermenten erfolgt. Denn bei der resinogenen Schicht befinden wir uns am Herde der Sekretbildung, im Laboratorium der Harzerzeugung. Ich kenne übrigens kein Ferment, daß nicht mit einer Gummisubstanz vergesellschaftet wäre. Unwillkürlich wird man daher zu der Auffassung gedrängt, daß es sich hier um Verbindungen und nicht um Mischungen handelt und daß die pflanzlichen Fermente möglicherweise Zwischenstufen sind zwischen Eiweißkörpern und Hemizellulosen. Alle geben die Pyrrol- und die Furfurolreaktion.

Daß es eine zur Membran zu rechnende Schicht ist, die als resinogen funktioniert, ist besonders interessant. Denn bekanntlich wurde die Membran der pflanzlichen Zelle in ihren Leistungen bisher meist verkannt und wenn es sich um die chemischen Leistungen der Pflanzenzelle handelte, auf Kosten des plasmatischen Zellinhaltes hintangesetzt. Es unterliegt ja keinem Zweifel, daß sich die hauptsächlichsten Stoffwechselprozesse im Zellinhalte abspielen, aber daß auch die Membran zu chemischen Leistungen befähigt ist, zeigt gerade die resinogene Schicht. Diese liegt nun aber an Stellen, wo sich sonst die sogenannten »Auskleidungen der Interzellularen« befinden und sie tritt damit zu der sogenannten Interzellularsubstanz überhaupt in Beziehung, die, wie ich durch neuere Untersuchungen einwandfrei zeigen konnte, in erster Linie auch bei der Schleimbildung der Algen und der Pektinbildung der Früchte in Betracht kommt. Da Pektin aus der Interzellularsubstanz hervorgeht, betrachte ich letztere chemisch als ein Protopektin und bezeichne sie jetzt mit diesem Namen. Daß auch die Schleime der Phanerogamen Membranschleime sind, habe ich schon früher nachgewiesen. Aber es ist hier die sekundäre Membran welche aus Schleim besteht.

Daß wir dort, wo die Sekretbildung vor sich geht, stets Glieder der Gruppe der Hemizellulosen finden, führt uns aber wieder auf die Kohlehydrate als die letzten Quellen der Sekrete.

So beginnt sich allmählich das Dunkel zu lichten und wir sehen doch schon einige Aussicht, auch der physiologischen Chemie der Sekrete auf die Spur zu kommen und damit ein interessantes Kapitel der chemischen Physiologie der Zelle aufzuklären.

Kritische Abstammungslehre

von

J. Reinke (Kiel).

Eingelangt am 2. Juli 1907.

Wenn in der philosophischen Literatur der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts der Ruf: Zurück auf Kant! ein so erfolgreicher war, haben wir dies dem Umstande zuzuschreiben, daß Kant einst die Philosophie aus dem dogmatischen Schlummer weckte, indem er die Berechtigung ihrer Lehren unter die kritische Lupe nahm. Selbstkritik der Wissenschaft sollte seit Kant Grundsatz nicht nur der Philosophie, sondern auch aller übrigen Wissenschaften sein, und seine Nachfolger, wie zum Beispiel Hegel, sind zum großen Teil daran gescheitert, daß sie es an der erforderlichen Selbstbeschränkung fehlen und ihre reichen Ideen ungezügelt davonflattern ließen.

Auf keinem Gebiet der zeitgenössischen Naturwissenschaft ist eine kritische Selbstbesinnung so nötig wie auf dem der Abstammungslehre. Diese setzt sich aus relativ wenig empirischen und aus desto mehr spekulativen Elementen zusammen. Die Abstammungslehre ist eine Idee, wenn man will, eine naturphilosophische Idee, für deren allgemeine Geltung sich wenig erfahrungsmäßige Tatsachen anführen lassen und die hauptsächlich durch die theoretische Erörterung von Möglichkeiten und Wahrscheinlichkeiten gestützt wird. Sie ist in erster Linie Deutung der Tatsache, daß die Lebewesen in einer so ungeheuren Vielgestaltigkeit auftreten, und der Versuch, den Grund dieser Vielgestaltigkeit durch Nachdenken zu finden und wahrscheinlich zu machen. Sie ist nicht Wissen, sondern eine Forderung und ein Wunsch unseres Verstandes.

Daß die Abstammungslehre bis in die Einzelheiten des Zusammenhanges der Lebewesen hinein einen dogmatischen Ton angeschlagen hat, ist vor dem Forum wahrer Wissenschaft nicht

zu rechtfertigen. Wir müssen deshalb dafür kämpfen, daß die Abstammungslehre, soweit sie dogmatisch ist, durch eine kritische ersetzt werde.

Ich selbst habe einst den Abstammungsgedanken für ein Axiom der modernen Biologie erklärt und ich tat dies, indem ich die Abstammungstheorie als Idee, nicht als Ausdruck erfahrungsmäßig festgestellter Tatsachen gelten ließ. In Übereinstimmung mit der Ausdrucksweise der Mathematik verstehe ich dabei unter Axiom ein Postulat unseres das Wissen der Gegenwart berücksichtigenden Verstandes, das weder direkt bewiesen noch widerlegt werden kann. Diese Abstammungsidee hat sich belebend und befruchtend für die biologischen Wissenschaften erwiesen; darin sind alle einig, und sie bildet einen Leitstern für zahlreiche Einzelforschungen. Als Ganzes aber bleibt sie Idee, Postulat und damit für ihre entschiedensten Anhänger Axiom; in diesem letzteren Sinne ist sie nicht Gegenstand des Wissens, sondern des Glaubens.

Daß die Kritik nicht nur gegenüber den einzelnen Beobachtungen und den aus ihnen gezogenen Folgerungen einzusetzen hat, sondern auch die Idee selbst zu ihrem Objekt machen muß, versteht sich von selbst. Auch diese allgemeine Idee ist das Ergebnis des Zusammenwirkens von Argumenten, die sich auf Tatsachen stützen, und von Hypothesen. Wie vor der Kritik das, was wir eine Tatsache nennen, als gut oder als minder gut beglaubigt erscheinen kann, so wird man auch gut begründete und schlecht begründete Hypothesen unterscheiden dürfen.

Sehen wir uns einmal die Tatsachen an, mit denen die Abstammungsidee zu rechnen hat. Da ist zunächst die Tatsache der Kontinuität des Lebens oder genauer ausgedrückt, der Zusammenhang der einzelnen Lebensformen oder Individuen in der Fortpflanzung. Der Satz: omne vivum ex vivo hat allein Anspruch darauf, als biogenetisches Grundgesetz bezeichnet zu werden. Dazu kommt als zweite Tatsache die Entwicklung der höheren Pflanzen und Tiere aus wenigzelligen Vorstufen und schließlich aus einer einzigen Keimzelle. Dieser sichergestellten Ontogonie der Einzelwesen gegenüber steht das Unternehmen der Phantasie, unter Anwendung eines Analogieschlusses die höheren Lebensformen durch Umbildung aus niederen und schließlich aus einzelligen Formen entstehen zu lassen. Das nennt man Phylogonie, und es kommt nun darauf an, ihre Richtigkeit und Zulässigkeit am Maßstabe der Erfahrung zu prüfen.

Der Erfahrung eröffnen sich hier meines Dafürhaltens nur zwei Gebiete von Tatsachen, das Verhalten der uns umgebenden, als historisch geworden vorausgesetzten Organismen und die Ergebnisse der paläontologischen Forschung; will man auch die vergleichende Morphologie und Entwicklungsgeschichte herbeiziehen, so begibt man sich damit wieder auf das Gebiet der Spekulation. Die Paläontologie lehrt uns, daß ein kleiner Bruchteil der heute lebenden Typen schon im Kambrisch und im Silur existiert und sich unverändert durch alle geologischen Perioden hindurch erhalten hat. Die Mehrzahl der uns heute umgebenden Typen von Lebewesen existierte früher noch nicht und die meisten der uns im fossilen Zustande bekannt gewordenen Typen sind in der Gegenwart ausgestorben. Es ist aber von größter Bedeutung, daß im Tertiär nicht nur die Reste zahlreicher Arten noch heute lebender Gattungen aufgefunden sind, sondern daß auch viele tertiäre Arten mit den heute lebenden übereinstimmen, und zwar um so mehr, je jünger die Tertiärschichten sind. Dagegen kennen wir kein Beispiel dafür, daß nach Ausweis fossilen Materials sich ein Pflanzentypus (ich verstehe hier darunter Gattungen und Familien) in einen andern im Laufe der Erdgeschichte allmählich umgewandelt habe. Eine solche Umwandlung der Typen ineinander, insbesondere in aufsteigender Linie, von unvollkommeneren zu vollkommeneren Formen besteht für die Wissenschaft bislang nicht in der Erfahrung, sondern nur in der Idee, und diese Idee selbst läßt sehr verschiedene Möglichkeiten des Geschehens zu. Zwei Möglichkeiten sind es, die hier vornehmlich in Betracht kommen. Entweder führen alle Abstammungslinien der Organismen auf einige wenige Urformen, vielleicht auf eine einzige zurück, aus der nach dem Prinzip der Divergenz, einem der wichtigsten Bestandteile von Darwins Theorie, sich die uns heute bekannten Pflanzen und Tiere entwickelt haben sollen. Damit würde von einer Blutsverwandtschaft der meisten, wenn nicht aller Typen von Lebewesen untereinander die Rede sein können und die Ähnlichkeit der Arten einer Gattung, der Gattungen einer Familie würde auf gemeinsame Vorfahren zurückweisen. Oder aber man nimmt an, daß ursprünglich, also lange vor dem kambrischen Zeitalter, sehr zahlreiche, vielleicht Millionen von Urwesen gegeben waren, die sich in lauter einzelnen Stammlinien bis zu den Typen der Gegenwart fortgebildet haben, während zahlreiche Stammlinien im Laufe der Erdgeschichte erloschen und uns nur zum geringen Teil als Versteinerungen erhalten geblieben

sind. Will man sich für die eine oder andere Annahme entscheiden, so wägt man nur Möglichkeiten gegeneinander ab und gelangt zu Wahrscheinlichkeiten, die mehr oder weniger subjektiv ausfallen werden. Mir persönlich zum Beispiel erscheint der polyphyletische Ursprung der Organismen auf unserem Planeten wahrscheinlicher als der monophyletische und ich räume mit Friedmann ein, daß die Ähnlichkeit vieler Typen einer Konvergenz der Stammlinien, einer Annäherung der Formen aneinander unter dem Einfluß ähnlicher Lebensbedingungen zugeschrieben werden kann (Fische, Walfische). Anderseits glaube ich aber, daß viele Typen sich durch Divergenz auseinander abgezweigt haben, so daß man die Prinzipien der Divergenz und der Konvergenz wird beide berücksichtigen und kombinieren müssen.

Zugunsten der Divergenz sprechen die Beobachtungen, die wir bei Aussaat der einer einzigen Pflanze entnommenen Samenkörner machen. Trotz Übereinstimmung in den typischen Merkmalen unterscheiden sich alle aus solcher Aussaat hervorgegangenen Individuen sowohl von der Mutterpflanze wie untereinander. Das ist die Variation. Schon Linné sagte: Es gibt so viele Varietäten als verschiedene Pflanzen aus dem Samen der gleichen Art aufgegangen sind; Varietäten aber sind Pflanzen derselben Art, die durch eine zufällige Ursache verändert wurden. Daß Varietäten erblich sein können, wußte auch Linné.

Sofern die Varietäten sich in der nächsten Generation wieder ausgleichen, spreche ich von einer oszillierenden Variation; ich halte den Ausdruck für besser als »fluktuierende« Variation, weil man unter Fließen eine progressive Bewegung versteht. Andere als sprungweise Variationen lassen sich meines Erachtens überhaupt nicht wahrnehmen; es kann sich nur darum handeln, ob die Sprünge größer oder kleiner sind. Wenn sich Varietäten in der Fortpflanzung konstant erhalten, so ist das eine stabilisierte oder stabile Variation, ein Ausdruck, der sich wohl so ziemlich deckt mit de Vries' Mutation; das Wort Mutation ist in der Paläontologie längst in anderem Sinne verwendet worden. Die stabilen Variationen können fast unmerklich gering, die oszillierenden nicht selten beträchtlich sein, die Größe der Abweichung ist kein brauchbares Merkmal, um beide Arten der Variation zu unterscheiden; nur auf die Erblichkeit kommt es an. Sind die erblichen Abweichungen erheblich, das heißt sind bei einer Aussaat neue stabile Varietäten entstanden, die sich durch mehr oder weniger augenfällige Merkmale aus-

zeichnen, so sprechen wir von neuen Rassen oder Unterarten (Subspezies). Es widerspricht nach meiner Meinung dem historischen Sinn, der Zweckmäßigkeit und der Pietät, wenn man den Artbegriff anders als im Linnéschen Sinne verwenden will; nach dem Artbegriff richtet sich der Begriff der Varietät, Rasse, Unterart. Nach meinem Dafürhalten ist uns bei allen Kulturversuchen nichts anderes geglückt, als neue erbliche Rassen zu erzielen, nicht aber Arten, geschweige denn Gattungen oder Familien. Mit dieser Tatsache hat eine kritische Abstammungslehre vor allem zu rechnen.

In dieser Auffassung begegnet sich mein Urteil mit demjenigen J. Wiesners, das dieser kürzlich in seinen vortrefflichen Bemerkungen »Das Beharrungs- und Veränderungsvermögen der lebenden Wesen« [1]) ausgesprochen hat. Wiesner betont hier mit Recht, daß man über die Grenzen der »guten« Arten im Experiment nicht hinausgekommen ist, das heißt über die Arten im Sinne Linnés; jede Weiterführung der Evolutionslehre erklärt Wiesner für spekulativ und hypothetisch, dem Geiste exakter Naturforschung wenig entsprechend. Damit wird Wiesner den hohen Wert der Versuche über Bildung neuer Unterarten so wenig bestreiten wollen, wie ich es tue. Die wichtigsten dieser Beobachtungen sind die von de Vries über die Entstehung neuer erblicher Rassen von *Oenothera Lamarckiana* und die von Wasmann über die Umwandlungen von Käfern mitgeteilten Tatsachen.

Gerade die Arbeiten von de Vries aber scheinen mir ein Beispiel dafür zu sein, wie leicht gut beobachtete Tatsachen zu Spekulationen ins Unbegrenzte hinein verleiten. So halte ich es für eine reine Hypothese, aus der beobachteten Tatsache, daß bei der Aussaat der Samen von *Oenothera Lamarckiana* stabile, das heißt in der Fortpflanzung sich konstant verhaltende Rassen in größerer Zahl hervorgehen, den Schluß ziehen zu wollen, daß *Oenothera Lamarckiana* sich gegenwärtig in einer »Mutationsperiode« befinde, nachdem sie eine vielleicht auf Jahrtausende zu veranschlagende Periode der Konstanz durchgemacht habe. Noch viel weiter geht die zweite Hypothese, die einen Analogieschluß aus jener ersten Hypothese darstellt, daß sich alle übrigen Arten ebenso verhalten, daß sie eine lange Periode der Konstanz durchlaufen, um dann in einer relativ kurzen Periode der »Mutation« gleichsam zu explodieren und durch diese Explosion zahlreiche neue »Arten« aus-

[1]) Festschrift für A. Lieben. Leipzig, Verl. Winter 1906.

zustreuen. Das ist reine Spekulation, bloße Hervorhebung einer Möglichkeit, der sich andere Möglichkeiten gegenüberstellen lassen. Betrachten wir *Oenothera Lamarckiana* als eine gegebene Art, über deren Ursprung wir nichts wissen, so frage ich: wer bürgt mir dafür, daß diese Art nicht von Anbeginn ihres Bestehens, sobald äußere Umstände dafür günstig waren, »mutiert« habe, daß die meisten ihrer »Mutanten« aber bald wieder ausgestorben sind unter dem Einflusse der in der freien Natur herrschenden Verhältnisse und nur der mit dem Namen *Oenothera Lamarckiana* belegte »Mutant« sich erhalten hat? Ich glaube, daß diese Hypothese mit den vielen Erfahrungen der gärtnerischen Praxis über Neubildung erblich konstanter Rassen ebensogut übereinstimmt, wie die Hypothese von de Vries über den Wechsel von Konstanzperioden und von Mutationsperioden.

Gegenwärtig tut der Wissenschaft viel mehr not eine strenge kritische Sonderung dessen, was in der Deszendenzlehre Tatsache und was Hypothese ist, als das Ersinnen und Auftürmen immer neuer, wenn auch noch so geistreicher Hypothesen. Diese Lehre sollte man auch der oben erwähnten Darlegung J. Wiesners entnehmen. Statt dessen sind die meisten neueren Arbeiten auf dem Gebiete der Deszendenztheorie weniger kritisch gestimmt als die des Altmeisters Darwin. Immer wird man diesem volle Anerkennung dafür zollen müssen, daß er seine eigenen Hypothesen als Versuche einer Erklärung hinstellt und selbst die ihm aufsteigenden Einwände dagegen vorbringt. Welche Bescheidenheit tritt uns in allen seinen Werken entgegen und mutet uns so sympathisch an im Gegensatz zu den Dogmen späterer Adepten. Wenn trotzdem seine Selektionstheorie kein glücklicheres Schicksal gehabt hat, als sie es in der Gegenwart erleben muß, so zeigt dies nur, welche Gefahren beim Beschreiten des schwankenden Steges der Hypothesen auf dem Gebiete der Naturforschung drohen. Dennoch enthalten Darwins Werke die Keime zu einer kritischen Abstammungslehre, wie ich sie fordere, und ihr wissenschaftliches Niveau ist weit höher als das, von dem aus eine Allmacht der Naturzüchtung verkündet wird oder aus dem der Ausspruch herstammt, eine sichere historische Tatsache sei die Erkenntnis, daß der Mensch von einer Affenart abstammt. Eine Konstruktion von Stammbäumen der Tiere und Pflanzen hat in meinen Augen nur einen schematischen Wert, zumal Physiker, Astronomen und Geologen ihr Urteil so sehr auseinandergehen lassen, daß es zweifelhaft er-

scheint, ob unser Planet seit zwölf Millionen oder seit einer Milliarde von Jahren Organismen trägt. Der speziellen Phylogonie scheint mir nichts so sehr not zu tun als der Zweifel, soll die Wissenschaft Fortschritte machen, die als wirklicher geistiger Besitz der Menschheit angesehen werden dürfen. Auf den Ursprung des Lebens gehe ich hier nicht ein; mit Wiesner betrachte auch ich das Leben als etwas für den Naturforscher Gegebenes.

Dem Gebiete unseres Wissens gehört es an, daß einst andere Arten und Gattungen von Pflanzen die Erdoberfläche bevölkerten als in der Gegenwart und daß gegenwärtig unter unseren Augen neue erbliche Rassen zu entstehen vermögen. Alles übrige im Bereiche der Abstammungslehre ist Gegenstand unseres Glaubens, nicht unseres Wissens, sobald wir die Sonde strengster Kritik anlegen. Wenn dieser Glaube in mancher Beziehung zur unerschütterlichen Überzeugung wird, so kann eine solche Überzeugung einer gleich strengen Kritik gegenüber immer nur den Wert subjektiver Gültigkeit beanspruchen. Sie stützt sich nicht auf Beweise wie das Wissen, sondern auf Argumente. Aber solche Argumente können einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit, daß unsere Überzeugung tatsächlich richtig sei, herbeiführen. Dies gilt zum Beispiel von den Anpassungen, das heißt den festen Beziehungen der Gestalt und Lebensweise von Organismen zu ihren äußeren Lebensbedingungen. Daß die Entstehung neuer Rassen mit erneuten Anpassungen Hand in Hand gehen kann, zeigen besonders die Beobachtungen Wasmans über die Umbildung der als Ameisengäste bekannten Käfer. Doch auch aus dem Pflanzenreiche ist eine Reihe von Fällen bekannt geworden, wonach Abänderung und Anpassung an neue Vegetationsbedingungen zusammenfallen. Unter die berechtigten Analogieschlüsse stelle ich daher den, daß wir in vielen Fällen die Neuentstehung von Anpassungen annehmen dürfen, auch wenn wir die Entstehungsgeschichte der betreffenden Arten nicht kennen. Als Beispiele nenne ich die neuholländischen phyllodinen Akazien, die sukkulenten Euphorbien, die insektivoren Gewächse, die ganze Klasse der Flechten. Die Wissenschaft würde bis zur Öde verarmen, wenn man die Hypothese verbieten wollte, daß solche besonders augenfällige Anpassungsformen von Pflanzen abstammen, die anders organisiert waren, jene spezifischen Anpassungen nicht besaßen. Aber auch hier müssen wir uns dessen bewußt bleiben, was tatsächliches Wissen und was Hypothese, was erfahrungsmäßig beweisbar und was Analogieschluß ist. Die angeführten

Beispiele zeigen aber auch, daß wir in der Wissenschaft der Hypothesen gar nicht entbehren können; wir sollen nur die Hypothesen mit Vorsicht und nach gewissenhafter Abwägung aller denkbaren Möglichkeiten aufstellen und stets neben unserem bewiesenen und beweisbaren Wissen als Hypothesen und Deutungen bewerten.

Wir bedürfen heute dringend einer streng kritischen Betrachtung und Sichtung der Abstammungslehre, um sie von den dogmatischen und phantastischen Träumen zu befreien, die sich vielfach wie Nebelschleier über sie gelagert haben. Wir müssen Ernst damit machen, die Grundlagen festzustellen, auf denen eine wissenschaftliche Abstammungslehre überhaupt möglich ist. Wir müssen völlige Klarheit darüber gewinnen, was wir tatsächlich wissen und was wir nur vermuten, zumal die Vermutungen vielfach durch den Wunsch nach Abrundung unserer Vorstellungsbilder eingegeben werden. Wir müssen unterscheiden zwischen Problemen, deren Lösbarkeit dem Menschengeist möglich erscheint, und Fragen, von denen wir heute nur sagen können, daß eine Antwort auf sie uns in die Ferne des Endlosen gerückt zu sein dünkt. Bei Darwin war die Abstammungslehre bereits kritischer behandelt als bei fast allen seinen Nachfolgern, Nägeli nicht ausgenommen; dennoch haben wir in seiner Hypothese von der Rolle der Selektion ein beredtes Beispiel dafür, wie bedenklich es ist, die ungeheure Mannigfaltigkeit der Lebewesen der Hauptsache nach aus einem einzigen Prinzip heraus »erklären« zu wollen. In der Natur dürften durchweg die Vorgänge unendlich viel verwickelter sein, als eine zu Vorurteilen neigende Schulweisheit sich träumen läßt.

Über einige angeblich leuchtende Pilze

von

Hans Molisch (Prag).

Eingelangt am 7. Juli 1907.

In meinem Buche über »Leuchtende Pflanzen« [1]) habe ich unter anderem eine Übersicht über die bis heute bekannt gewordenen Leuchtpilze gegeben, gleichzeitig aber betont, daß in der Literatur gewissen Hyphomyzeten bis auf den heutigen Tag die Fähigkeit zu leuchten zugeschrieben wird, obwohl hiefür ein exakter Nachweis nicht erbracht wurde.

Ein sicheres Urteil, ob das Myzel eines im Holze wuchernden Pilzes leuchtet, läßt sich erst dann geben, wenn der Pilz in Reinkultur vorliegt. Auffallenderweise hat man die Methode der Reinkultur, die auf dem Gesamtgebiete der Mikrobiologie so große Erfolge aufzuweisen hat, auf die höheren Pilze relativ selten angewendet und doch können gewisse physiologische Fragen, wie die nach der Lichtentwicklung mit Sicherheit doch nur auf dem Wege der Reinkultur beantwortet werden.

Nehmen wir an, es fände jemand ein Stück faules, leuchtendes Holz, das mit *Xylaria Hypoxylon* besetzt ist, und er schlösse aus dem Vorkommen dieses Pilzes auf dem Holze, daß die *Xylaria* das Leuchten bedingt, so ist dieser Schluß nicht ohne weiteres berechtigt. Ein derartiges Holz kann neben der *Xylaria* noch zahlreiche andere Myzelien enthalten und in der Tat wird man wohl selten im Walde verwesendes Holz finden, das nur einen einzigen Pilz enthält, gewöhnlich läßt sich eine ganze Pilzflora darin erkennen. Erst wenn der in Frage kommende Pilz auf verschiedenen Substraten und auch auf dem natürlichen rein gezogen wurde, wird man beurteilen können, ob er leuchtet oder nicht.

[1]) Molisch H., Leuchtende Pflanzen. Eine physiologische Studie. Jena 1904; S. 83.

Von diesem Gesichtspunkte habe ich den Hallimasch, *Agaricus melleus*, das Myzelium x und andere Pilze studiert, ihr Leuchten beobachtet und meine Ergebnisse darüber in meinem erwähnten Buche veröffentlicht. Daselbst wurde auch schon darauf hingewiesen, daß eine Reihe von Pilzen, wie aus der Literatur hervorgeht, leuchten sollen, daß aber eine genauere Prüfung derselben noch aussteht. Hierher gehören *Trametes pini Fr.*, *Polyporus sulfureus Fr.*, *Polyporus citrinus* (= *caudicinus*) (*Schaeff.*) *Schröt.*, *Heterobasidium annosum*, *Agaricus* (*Collybia*) *longipes Scop.*, *Corticium coeruleum* (*Schrad.*) *Fr.* = *Auricularia phosphorea Schr.* und *Xylaria*-Arten.

Ich habe die Sache seither fortwährend im Auge behalten von einzelnen dieser Pilze Reinkulturen gemacht und erlaube mir nun die erhaltenen Resultate mitzuteilen.

Xylaria Hypoxylon Pers. und Xylaria Cookei.

Obwohl ich bereits früher[1]) den Beweis erbracht habe, daß den beiden *Xylaria*-Arten die Fähigkeit, Licht zu entwickeln, vollständig abgeht, wird selbst in der neuesten Literatur immer noch die alte Fabel von dem Leuchten dieser Pilze von neuem aufgetischt. Ich habe die beiden Pilze seit sechs Jahren auf Brot und Holz in ständiger Reinkultur, habe aber niemals auch nur die geringste Lichtentwicklung bemerkt. *Xylaria Hypoxylon* und *Xylaria Cookei* sind daher aus der Reihe der Leuchtpilze zu streichen.

Trametes pini Fr.

Die Angabe, daß dieser Pilz leuchtet, finde ich bei Ludwig.[2]) Nachdem er die Vermutung ausgesprochen, daß noch unter den Rhizomorphabildnern Leuchtpilze gefunden werden dürften, schreibt er: »So erhielt ich zu einer meiner ersten Arbeiten über Phosphorescenz aus Thüringen (Forstbezirk Fischbach bei Schleusingen) frisches Wurzelholz mit Rhizomorphen aus einer mit *Trametes pini* befallenen Gegend, welches intensiv leuchtete, aber von dem später untersuchten Hallimaschholz und Xylariaholz sich wesentlich unterschied. Das Spektrum fing hier erst beim Hellblau an und erstreckte sich weit in das Violette und schien nicht völlig kontinuierlich zu sein.« (Vergl. über die spektroskopische Unters.

[1]) Molisch H., l. c. S. 40—44.

[2]) Ludwig F., Lehrbuch der niederen Kryptogamen etc. Stuttgart 1892, S. 528—529.

photogen. Pilze, Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie 1884, p. 186.) Ludwig stellt zwar *Trametes pini* nicht bestimmt als leuchtend hin, allein nach dem Wortlaut scheint er doch geneigt zu sein, ihn für einen Leuchtpilz zu halten. Um die Sache zu entscheiden, kultivierte ich den Pilz seit drei Jahren auf Brot und Holz in reiner Form. Der Pilz wächst besonders leicht an, wenn man kleine Stückchen des jungen, noch energisch wachsenden Fruchtkörpers auf das feuchte Nährsubstrat legt. Das weiße, mitunter reichlich Flüssigkeit auspressende Myzel, welches in allen meinen Kulturen steril blieb, zeigte niemals eine Spur von Licht. Von strangartigen, an *Rhizomorpha* erinnernden Myzelien habe ich gleichfalls nie etwas bei diesem Pilze gesehen.

Nebenbei sei bemerkt, daß ich durch zwei Jahre hindurch auch *Trametes radiciperda* in Reinkultur auf Brot und Holz gezogen habe, an diesem Pilze aber weder Rhizomorphabildungen noch Lichtentwicklung konstatieren konnte.[1])

Polyporus sulfureus Fr.

Von diesem Pilze ist gleichfalls behauptet worden, daß er leuchte, allein schon Ludwig[2]) bemerkt, daß dies der Bestätigung bedürfe. Man erhält Kulturen des Pilzes leicht, wenn man kleine Stückchen des jungen, noch wachsenden Hutes als Impfmasse verwendet. Solche Teile treiben bald Myzelfäden aus, die allmählich das ganze Nährsubstrat als eine gelbliche, weichflockige, duftige Masse überziehen. Fruchtkörper erhielt ich während vierjähriger Kulturen nie, hingegen fand ich, daß das Myzel stets eine so ungeheure Zahl von runden Konidien entwickelte, daß es wie von einer staubigen Masse bedeckt war. Unter den Hymenomyzeten ist dieser Pilz durch diese Art der Nebenfruktifikation besonders ausgezeichnet, was eine besondere Untersuchung verdienen würde.

Wenn man das konidientragende Myzel mit absolutem Alkohol behandelt und mit einem Deckglas bedeckt, so entsteht nach einigen Minuten eine große Anzahl von verschieden gestalteten farblosen Kristallen und sternartige Aggregate von nadelartigen Formen, prismaartige, bi- und plankonvexe Gestalten und andere. Ihre chemische Natur habe ich nicht erforscht. Hingegen habe ich

[1]) Herrn Prof. Dr. Freih. v. Tubeuf bin ich für die liebenswürdige Beschaffung des Ausgangsmaterials zu großem Dank verpflichtet.

[2]) Ludwig F., l. c. S. 529.

mich überzeugt, daß dem kultivierten Myzel sowie den im Freien erwachsenen Fruchtkörpern die Fähigkeit zu leuchten, vollständig abgeht.

Collybia cirrhata Pers.

Agaricus (*Collybia*) *tuberosus Bull.*, der auf faulenden Blätterpilzen, besonders der *Russula nigricans* und *Lactarius piperatus* vorkommt, und *Agaricus* (*Collybia*) *cirrhatus Schum.*, der mit Vorliebe auf den alten Fruchtkörpern des Schwebelkopfs *Hypholoma fasciculare Huds.* lebt, leuchten nach Ludwig.[1]) »Bei beiden Arten leuchten die Sklerotien an den Stellen, wo junge Fruchtkörper entspringen und die damit zusammenhängenden Moosstücke, faulende Grashalme, Zweige, Birkenstöcke etc. sehr deutlich.«[2]) Das Leuchten soll viel schwächer als beim Hallimasch sein. Im Herbste 1905 fand ich bei Prag im Walde auf faulenden Blätterpilzen eine kleine weiße Collybia, die ich aus Sporen rein züchtete. Wenn das Myzel auf Brot eine gewisse Größe erreicht hatte, so schickte es sich an, an einzelnen Stellen, die sich durch eine starke Tropfenausscheidung (Guttation) zu erkennen gaben, Sklerotien zu bilden. Die Sklerotien wurden in ungemein großer Zahl erzeugt, die ganze Brotmasse wurde nach und nach sozusagen in Sklerotiensubstanz umgesetzt. Sie waren erbsen- bis haselnußgroß, rund, knollenartig, glatt oder höckerig, wabig vertieft und von hellbrauner oder ockergelber Farbe. Weder an dem Myzel noch an den Sklerotien noch an den Fruchtkörpern war jemals eine Lichtentwicklung wahrzunehmen. Von Zeit zu Zeit sproßten aus den Sklerotien 1—2 *cm* lange und 1—2 *mm* dicke Fruchtstiele hervor, die an der Spitze einen 2—3 *mm* breiten scheibenförmigen Ansatz zu einem Hute aufwiesen, der aber in seiner Weiterentwicklung stecken blieb und sich wahrscheinlich wegen der nicht ganz natürlichen Kulturbedingungen nicht weiter ausbildete. Auch wenn solche unvollkommene Fruchtkörper hervorsproßten, konnte ich an den Sklerotien Leuchten niemals beobachten.

Herr Prof. Dr. v. Höhnel, dem ich den Pilz in einer Reinkultur sandte, hatte die Güte, ihn zu bestimmen und ist geneigt, ihn für *Collybia cirrhata* (*Pers.*) zu halten. Ich kann daher bestimmt sagen, daß diese von mir in Kultur genommene *Collybia* nicht

[1]) Ludwig F., l. c. S. 531.

[2]) Derselbe: Über einen neuen einheimischen phosphoreszierenden Pilz, *Agaricus* (*Collybia*) *tuberosus Bull.* Bot. Zentralbl., XII. Bd., 1882, S. 104—106.

leuchtet und aus diesem Grunde wird es sich empfehlen, auch die verwandten Arten, insbesondere *Agaricus (Collybia) tuberosus Bull.* in Reinkulturen auf Lichtentwicklung zu prüfen, um festzustellen, ob nicht die Angaben über das Leuchten dieser Art auf einem Irrtum beruhen.

Das wichtigste Ergebnis der vorstehenden Untersuchungen läßt sich kurz in folgender Weise zusammenfassen:

Die bisher in der Literatur als leuchtend angeführten Pilze: Xylaria Hypoxylon Pers., Xylaria Cookei, Trametes pini Fr., Polyporus sulfureus und Collybia cirrhata Pers. sind aus der Liste der Leuchtpilze zu streichen.

Einiges über Characeen und Amitose

von

Eduard Strasburger (Bonn).

Eingelangt am 7. Juli 1907.

Mit Tafel I.

In dem histologischen Teil unseres Lehrbuches der Botanik glaubte ich die vorherrschende Ansicht über die Bedeutung der »direkten Kernteilung« bei den höher organisierten Pflanzen am besten wiederzugeben, indem ich sie als einen Vorgang bezeichnete, »der sich meist erst in älteren Zellen oder auch solchen einstellt, deren Inhalt alsbald desorganisiert werden soll.« [1]) Es entsprach diese Fassung im wesentlichen der Ansicht, die sich seinerzeit W. Flemming [2]) über Amitose in den Geweben der Wirbeltiere »und auch recht vielen Wirbellosen« gebildet hatte und für die im besonderen sich gleich darauf H. E. Ziegler [3]) erklärte.

Als wir in diesem Frühjahr von unserem Verleger mit der Nachricht überrascht wurden, daß trotz der wesentlich größeren Zahl von Exemplaren, in welchen unser Lehrbuch im vorigen Herbst erschien, eine neue Auflage wieder vorzubereiten sei, sah ich mich veranlaßt, den Abschnitt über direkte Kernteilung umzugestalten. Daß die bisherige Fassung nicht für alle Fälle genüge, wurde mir besonders bei Abfassung des historischen Berichtes über »Die Ontogenie der Zelle seit 1875« im Progressus rei botanicae [4]) klar. Für die in unserem Lehrbuch als Beispiel angeführten

---

[1]) Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. VIII. Aufl., 1906, S. 75.

[2]) Über Teilung und Kernformen bei Leukozyten und über deren Attraktionssphären. Arch. f. mikr. Anat., Bd. XXXVII, 1891, S. 290, 295.

[3]) Die biologische Bedeutung der amitotischen (direkten) Kernteilung im Tierreich. Biol. Zentralbl., Bd. XI, 1891, S. 374

[4]) Bd. I, 1906, S. 22, 24, 85 ff.

Internodialzellen von Characeen konnte keinesfalls gelten, daß sie die direkte Teilung ihrer Kerne im senilen Zustand, ja nicht einmal, daß sie sie in älteren Zellen ausführen; ob die Zellen von Gewächsen einer noch höheren Organisationsstufe dies in allen Fällen erst unter solchen Umständen tun, empfahl sich auch zur Nachprüfung.

Die Characeen sind so merkwürdige Gewächse, daß es nicht zu verwundern ist, daß sie von jeher die besondere Aufmerksamkeit der Forscher auf sich lenkten. Ihre Stellung im System ist dermaßen unsicher, daß sich Oltmanns, bei Ausarbeitung seines Algenbuches, die Frage stellte, ob er überhaupt die Characeen darin behandeln solle. In der Tat drängt sich jedem, der die Characeen eingehend untersucht, der Eindruck auf, daß die Unterschiede der Characeen von allen jenen Pflanzengruppen, die unter der Gesamtbezeichnung »Algen« zusammengefaßt werden, meist größer als die Übereinstimmungen sind. Ja, bei eingehenderer Erwägung bleibt von jenen vermeintlichen Übereinstimmungen eigentlich wenig übrig, im wesentlichen nur die grüne Färbung, die zum Anschluß der Characeen an die Chlorophyceen verleitet und der zellige Aufbau, der weniger weit von jenem der Algen als dem der Archegoniaten sich zu entfernen scheint.

Um es gleich auszusprechen, so halte ich die Characeen für eine Gruppe von Organismen, deren Ursprung in algenähnlichen Vorfahren gelegen haben mag, die in ihren jetzigen Repräsentanten aber die Endglieder einer Reihe darstellt, deren phylogenetische Entwicklung kaum kürzer gewesen sein dürfte als jene, die in den Bryophyten gipfelte. Auf die Länge dieses Weges schließe ich aus dem Umstande, daß er hinreichte, um die karyokinetischen Vorgänge auf dieselbe Höhe zu bringen, welche sie bei den Archegoniaten erlangten und die für Kern- und Zellteilungen der höher organisierten Pflanzen sowie für die Kernteilungen der höher organisierten Tiere charakteristisch ist. Es hatte bereits B. Dębski in zwei im Bonner botanischen Institut ausgeführten sorgfältigen Untersuchungen auf diese Tatsache hingewiesen und in dem Satze zusammengefaßt, daß: »Die Karyokinese bei Chara[1]) viel mehr Übereinstimmung mit den höheren Pflanzen als mit den Algen

[1]) Beobachtungen über die Kernteilung bei *Chara fragilis*, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXX, 1897, S. 227, und Weitere Beobachtungen an *Chara fragilis*. Daselbst, Bd. XXXII, 1898, S. 635.

zeigt.« [1]) Ich habe nun ebenfalls sehr eingehend die Kern- und Zellteilungsvorgänge bei *Chara fragilis* und *Nitella syncarpa* studiert und kann wohl behaupten, daß sie in der beobachteten Form sich ebenso bei einer phanerogamen Pflanze vollziehen könnten. Es ist das ein Fall mehr, welcher zeigt, wie weitgehende Übereinstimmungen sich in dem Gang der phylogenetischen Entwicklung, aus den allgemeinen Eigenschaften des Substrats heraus, einstellen können, wenn eine bestimmte Entwicklungsstufe erreicht ist. Ich brauche nicht viel Figuren hier beizufügen, da ich auf die von B. Dębski veröffentlichten hinweisen kann. Auch beschränke ich mich auf die Vorführung von *Nitella syncarpa*, welche die Bilder von B. Dębski, die sich alle auf *Chara fragilis* beziehen, entsprechend ergänzen sollen. Fixiert wurden meine Objekte in Chromosmiumessigsäure, gefärbt mit Eisenhämatoxylin oder dem üblichen Safranin-gentianaorange.

Das Cytoplasma der Nitella- und Charazellen stellt ein Wabenwerk dar, das die jungen Zellen dichter, die älteren lockerer ausfüllt und in welchem, wenn es einer Internodialzelle zufällt, alsbald Vacuolen auftreten, die mit fortschreitendem Wachstum dieser Zeile zu deren großen Saftraum sich vereinigen. In dem Cytoplasma der Gewebezellen finden sich Körnchen verteilt, deren Verhalten, wie schon Dębski nachwies [2]), mit jenem der Kernkörperchen übereinstimmt. In dem Cytoplasma der Zellen spermatogener Fäden fehlen sie. Das Gerüstwerk der ruhenden, zu mitotischer Weiterteilung befähigter Kerne gehört jenem Typus an, der nicht Waben, sondern Fäden aufweist. Diese Fäden lassen sich unschwer auf längere Strecken hin verfolgen (Fig. 1, 2, 4, Taf. I) und es unterliegt keinem Zweifel, daß sie Körnchen führen, die wirklich distinkte Körperchen sind und nicht etwa nur Anschwellungen oder Verdichtungen in den Kanten eines Maschenwerkes darstellen. Sie zeichnen sich durch stärkere Tingierbarkeit aus. Von ihnen verschieden sind vereinzelte, darunter wesentlich größere Körner, die wie Nukleolarsubstanz reagieren. Den sich mitotisch teilenden Kernen der Gewebezellen kommt meist nur ein Kernkörperchen zu; mehrere kleinere trifft man vorwiegend in den Zellen der spermatogenen Fäden an. Das Gerüstwerk der Gewebekerne bekommt

[1]) Im ersten Aufsatz S. 245; diese Übereinstimmung war betreffs des Zellteilungsvorganges schon M. Treub aufgefallen, Notice sur les noyaux des cellules végétales. Arch. de Biologie, Bd. I, 1880, S. 402

[2]) Erste Abhandlung, S. 233.

man sehr häufig geschrumpft zu sehen. Es ist das, wie schon Dębski zeigte, eine Folge des Präparationsverfahrens.[1]) Eine solche Schrumpfung wird in unseren Figuren 2 und 3 vorgeführt. Nicht alle Kerne neigen zu ihr in gleichem Maße, vielmehr, wie ich annehmen muß, vornehmlich solche, in welchen eine neue Teilung nicht rasch der vorhergehenden folgt. Demgemäß bekam ich derartige Kontraktionen in den spermatogenen Zellen nie zu sehen; nur ganz ausnahmsweise traf ich den Kern der Scheitelzellen verändert in den Präparaten an, sehr häufig dagegen die Knotenkerne, auch solche, die sicher noch weitere mitotische Teilungen ausgeführt hätten, außerdem den primären Kern der Internodialzelle vor seinem Eintritt in das amitotische Stadium. Meine Figur 2 führt zwei Schwesterkerne eines Segments vor, auf welches die Scheitelzelle folgte. Trotzdem die beiden Kerne denselben Präparationseinflüssen ausgesetzt waren, zeigte sich der obere, somit primäre Knotenkern nur wenig kontrahiert, der untere, somit primäre Internodialkern hingegen stark geschrumpft.

Der in Fig. 5 dargestellte, einem spermatogenen Faden entnommene Kern war in Prophase getreten. Ich habe in das Bild nur das eingetragen, was bei einer einzigen, annähernd mittleren Einstellung, die das Kernkörperchen auch in sich faßte, sichtbar war. Dębski konnte in solchen Stadien noch keine Fadenenden unterscheiden, was dadurch bedingt war, daß die Chromosomen mit ihren Enden tatsächlich zunächst verbunden bleiben. Das Aussehen eines etwas späteren Zustandes der Prophase suchte ich in der Fig. 6, die auch einem spermatogenen Faden entstammte und mit Safraningentianaorange gefärbt worden war, wiederzugeben. Die Aneinanderreihung von Chromatinscheiben in den Lininfäden tritt nur mäßig deutlich bei diesem Objekt vor. Doch war sie Dębski auch schon aufgefallen, ebenso wie die Zerlegung der Chromatinscheibchen in zwei Körnchenreihen auf nächstfolgendem Zustand.[2]) Sobald aber dieser Teilungsvorgang der Scheibchen vollzogen ist, hört die weitere Möglichkeit ihrer Unterscheidung auf. Da anderseits die Längsspaltung der Chromosomen als helle, sie durchziehende Linie, sich erst nach diesem Unkenntlichwerden der Körnchenreihen markiert, so ruft sie den Eindruck einer Spaltung in einer homogenen Masse hervor. Die beobachteten Erscheinungen

[1]) Vergl. dessen Figur 4, Taf. IX, der ersten Abhandlung.
[2]) Erste Abhandlung, S. 231.

machen hingegen auf mich den Eindruck, als wenn die Aufgabe der Substanzsonderung in den Chromosomen mit vollzogener Teilung der in den Chromatinscheibchen eingeschlossenen Erbeinheiten vollzogen wäre und die färbbare Substanz sich nunmehr gleichmäßig in der Grundsubstanz des Chromosoms verteilt hätte. In dem Stadium, kurz vor Anlage der Kernspindel, das ich in Fig. 7 abbildete, sowie in den fertiggestellten Kernplatten, die in Fig. 8, 9 und 10 zu sehen sind, lassen sich Substanzsonderungen innerhalb der gespaltenen Chromosomen durchaus nicht mehr wahrnehmen.

Dębski[1]) hat schon hervorgehoben, daß die Orientierung der Kernspindeln in den sich teilenden Characeenzellen nur durch die morphologischen Forderungen des Aufbaues bestimmt wird und sich unabhängig zeigt von dem jeweilig größten Durchmesser des Protoplasten. In sehr kurz gewordenen Zellen der spermatogenen Fäden zwingen aber die Raumverhältnisse unter Umständen diesen Kernspindeln eine schräge Lage auf. So ist es in meiner Fig. 8, die gleichzeitig dadurch lehrreich erscheint, daß die Spindelfasern vor ihrer gegenseitigen Vereinigung die Hautschicht erreichen. Jede Spindelfaser schließt sich ihr mit einem kleinen Knötchen an, in ähnlicher Weise wie ich dies früher für die fein ausgezogenen Enden ganzer Spindelenden zu schildern Gelegenheit hatte.[2]) Übrigens kommt es auch vor, daß in hinlänglich langen Zellen der spermatogenen Fäden der Characeen die Kernspindeln sich schräg stellen. Es kann nämlich diese Stellung auch durch eine zu große Breite der Kernplatte bedingt sein. In allen Fällen wird aber innerhalb solcher spermatogener Zellen der Phragmoplast später richtig orientiert, so daß die Scheidewände rechtwinklig zu dem Verlauf des Fadens zu stehen kommen.

Auch für die Characeen sind Zentrosomen angegeben worden[3]), was Dębski aber bereits zurückwies. So viel steht jetzt unter allen Umständen fest, daß Zentrosomen bei höher organisierten Pflanzen, und mit diesen stimmen die Characeen auch in diesem Punkte überein, bei Anwendung der jetzt üblichen Fixierungs- und Tinktionsmittel sich nicht nachweisen lassen. Wer somit den Stand-

[1]) Erste Abhandlung, S. 243.

[2]) Über Reduktionsteilung, Spindelbildung, Zentrosomen und Cilienbildner im Pflanzenreich. Histol. Beitr., Heft VI, 1900, S. 147.

[3]) Otto Kaiser, Über Kernteilungen der Characeen. Bot. Ztg., I. Abt., 1896, S. 69.

punkt etwa einnimmt, Zentrosomen müßten auch bei höher organisierten Gewächsen vorhanden sein und ihr Nachweis sei bisher nur nicht gelungen, der hätte diesen Nachweis mit ganz neuen Hilfsmitteln zu erbringen. Dann nur ließe sich die Frage mit ihm von neuem diskutieren. Über besser fixierte und tingierte Präparate wie sie V. Grégoire und mir zur Untersuchung vorliegen, dürfte kaum jemand verfügen; in unseren Präparaten sind aber individualisierte Zentrosomen bei höher organisierten Pflanzen nicht zu sehen. Ich schalte dabei aus der Erörterung die Frage nach der Natur der Blepharoplasten aus, über die ich mich wiederholt geäußert habe und die ich auch nicht für Zentrosomen halte, um mit einigen Worten Inhaltskörper der Zelle zu berühren, die in bestimmten Fällen sich zugleich mit dem Zellkern teilen und in Beziehung zu ihm zu stehen scheinen Mit diesen Gebilden hat sich W. Marquette neulich befaßt; eine auch bei *Chara crinita* zu beobachtende Erscheinung läßt sich ihnen anschließen. In den Zellen junger Isoëtesblätter, die Marquette untersuchte, eilt die Verdopplung einer stärkehaltigen Cytoplasmamasse der Kernteilung voraus. Die beiden Cytoplasmamassen ordnen sich polar an und scheinen eine gewisse Beziehung zur Bildung der Spindelfasern zu verraten. Daß man sie mit Attraktionssphären nicht vergleichen dürfe, hebt auch Marquette hervor.[1]) Sie erinnern vielmehr an die Teilung des Chromatophors in den Sporenmutterzellen von *Anthoceros*, welche mit der Bildung von vier sich tetraedrisch verteilenden Chromatophoren abschließt, denen weiterhin die Teilungsprodukte des Kerns sich anlagern.[2]) Erinnert sei daran, daß ich seinerzeit[3]) ganz ähnliche Vorgänge auch für die Makrosporenmutterzellen desselben *Isoëtes* angab, auf dessen Blätter die Marquettesche Schilderung sich jetzt bezieht. Marquette stellt ähnliche andere Fälle aus der Literatur noch zusammen, aus welchen immer nur wieder hervorgeht, daß auch in Pflanzenzellen, die keine Zentrosomen besitzen, polare Gegensätze sich äußern und daß es in solchen Zellen unter Umständen gesonderte Inhaltkörper gibt, deren Teilung sich an die Kern-

[1]) Manifestations of polarity in plant cells which apparently are without centrosomes. Beihefte zum bot. Zentralbl. Bd. XXI, 1907, S. 237.

[2]) E. Strasburger, Zellbildung und Zellteilung, III. Aufl., 1880, S. 161; Bradley M. Davis, The Spore-mother cell of Anthoceros. Bot. Gazette, Bd. XXVIII, 1899, S. 89.

[3]) Über Zellbildung und Zellteilung, I. Aufl, 1875, S. 144, III. Aufl., 1880, S. 168.

teilung hält, wie denn ja auch in einkernigen Zellen Kern- und Zellteilung ineinander greifen. Die stärkehaltige Plasmaansammlung, die Marquette in den Sporenmutterzellen von *Marsilia quadrifoliata* bemerkt und die sich an derselben Seite wie das synaptisch kontrahierte Gerüst des Mutterkerns befindet, ist mir in den Sporenmutterzellen der Marsilien ebenfalls aufgefallen. Ich habe auch in der Figurenerklärung auf sie hingewiesen.[1]) Auf die Spindelpole verteilt sich diese Ansammlung weiterhin dort nicht[2]); man erblickt sie vielmehr an den Seiten der Mutterspindel[3]) und später zwischen den beiden Tochterspindeln.[4]) Bei *Chara crinita* verhält sich die Sache noch anders. An einem Material, auf das ich später zurückkommen werde, zeigten die Scheitelzellen der in Entwicklung begriffenen Kurztriebe (Blätter) und Rindenlappen eine dichtere, an extranuklearen Nukleolen reiche Cytoplasmaansammlung über ihrem Kern. Dort verharrte auch diese Ansammlung während der Kernteilung, so daß sie, wie Fig. 14 und 15 zeigen, dem neuen Scheitelzellkern zufiel, während sein Schwesterkern, der Segmentkern, leer ausging.

Die Zahl der Chromosomen habe ich in den noch mitotisch tätigen Kernen der Triebe von *Nitella syncarpa* auf 12 bestimmen können (Fig. 10, Taf. I). Dieselbe Chromosomenzahl führen auch die Kerne der spermatogenen Fäden dieser Pflanze. Letztere ist somit in allen ihren Teilen haploid. Demgemäß habe ich auch in keiner der mir vorliegenden polaren Ansichten ihrer Kernplatten etwas von einer paarigen Anordnung der Chromosomen erkennen können, so wie ich sie vor kurzem für diploide Kerne, insbesondere die der Erbsenwurzel, geschildert habe.[5]) Die in Fig. 10 dargestellte Anordnung der Chromosomen in einer Kernplatte, bei polarer Ansicht, gibt das gewohnte Verhalten für *Nitella syncarpa* wieder. Bei *Chara fragilis* zählte ich in allen Teilen der Pflanze 18 Chromosomen. Zu dieser Zahl gelangte ich freilich erst nach ganz bedeutender Häufung der Einzelbeobachtungen. Diese waren einerseits deshalb notwendig, weil die Zählung sich nur sehr schwer ausführen ließ

[1]) Apogamie bei Marsilia, Flora, Bd. 97, 1907, S. 189, Fig. 58, S. 190, Fig. 73.

[2]) Vergl. Fig. 71, 72.

[3]) A. a. O., Fig. 73.

[4]) A. a. O., Fig. 74a.

[5]) Über die Individualität der Chromosomen und die Pfropfhybridenfrage, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XLIV, 1907, S. 491 ff.

und daher sehr schwankende Resultate ergab, anderseits weil Dębski 24 Chromosomen für *Chara fragilis* angegeben hat. Die Zahl, bei der ich schließlich stehen blieb, stimmt hingegen gut zu der von Georg Goetz[1]) angegebenen, 16—18, die wohl der *Chara foetida* abgewonnen wurde. Da Dębski äußerst sorgfältig seine Untersuchungen durchführte, so muß ich mich fragen, ob wir dieselbe *Chara* Spezies vor uns hatten. Ich bat den Kollegen W. Migula, die Bestimmung meiner Spezies zu kontrollieren. Da er sie auch für *C. fragilis* erklärte, so ist an der Richtigkeit des Namens nicht zu zweifeln. Ich muß hinzufügen, daß ich auch bei meinen an *Chara fragilis* vorgenommenen Zählungen oft genug über 20 Chromosomen hinauskam, schließlich aber zu der Überzeugung gelangte, daß dies durch die Schwierigkeit bedingt sei, die Grenzen des einzelnen Chromosoms sicherzustellen. Die Chromosomen von *Chara fragilis* sind verhältnismäßig lang, verschiedentlich umgebogen, sie greifen vielfach in- und übereinander, werden nicht selten durch den Schnitt zerlegt, und das alles wirkt zusammen, um die Sicherheit der Zählung zu beeinträchtigen. Wenn ich dessenungeachtet hier länger bei der Zahl verweile, so ist es, weil sie für weitere Untersuchungen, im besonderen beim Auffinden der Reduktionsteilung, in Betracht kommen wird. Zunächst kann ich aber bestimmt behaupten, daß auch bei *Chara fragilis* die Zahl der Chromosomen in den Gewebezellen und den Geschlechtszellen übereinstimmt und eine Reduktionsteilung in den Entwicklungsvorgang der zur Beobachtung vorliegenden Generation an keiner Stelle eingreift. Darin stimmen die Ergebnisse meiner Untersuchungen mit jenen von B. Dębski und G. Goetz überein.

Die Zellplatte wird bei den Characeen in einem Phragmoplast durch Anschwellung der Verbindungsfäden, also abweichend von den Algen, hingegen genau so wie bei den höher organisierten Pflanzen, ausgebildet. Zuvor bewegt sich dorthin, wo die Zellplatte später entstehen soll, wie so oft auch bei höher organisierten Pflanzen, Nukleolarsubstanz und bildet in der Äquatorialgegend extranukleare Nukleolen, die bei *Chara fragilis* relativ groß werden, deutlich zwischen den Verbindungsfäden liegen und durch ihre starke Färbung dem Auge sich aufdrängen. Diese Gebilde hat denn auch Dębski schon geschildert[2]), der zugleich darauf hinweist, daß sie nicht, wie

[1]) Über die Entwicklung der Eiknospe bei den Characeen. Bot. Ztg. 1899, I. Abt., S. 9.

[2]) Erste Abhandlung, S. 238, zweite Abhandlung, S. 643.

E. Zacharias für die Rhizoiden von Chara das wollte [1]), der Zellplatte den Ursprung geben, daß letzte vielmehr erst verhältnismäßig spät in Gestalt körnchenförmiger Anschwellungen der Verbindungsfäden in die Erscheinung tritt.

Von besonderem Interesse ist es, zu verfolgen, wie nicht nur die Stellung, welche die Kernspindel in einer sich teilenden Characeenzelle erhält, sondern auch die Richtung, die später die Zellplatte zeigt und die Gestalt, die sie aufweist, durch ererbte Gesetze geregelt werden. Dabei liegt es mir fern, behaupten zu wollen, daß pflanzliche Scheidewände bei ihrer Bildung nicht jenen allgemeinen physikalischen Gesetzen der Oberflächenspannung unterliegen, die L. Errera [2]) als erster eingehend begründete und daß sie nicht das Bestreben haben, diejenige Form anzunehmen, welche eine gewichtslose Flüssigkeitslamelle unter denselben Bedingungen zeigen würde. Die Zellteilungen von Chara lehren nur, wie das lebendige Protoplasma, kraft seiner spezifischen Organisation und der durch sie bedingten Leistungen, in diese rein physikalischen Vorgänge eingreift und sie nach Bedarf regelt. So zeigt sich, wenn eine von der Scheitelzelle abgegrenzte Segmentzelle sich in eine obere Knotenzelle und eine untere Internodialzelle teilt, die Zellplatte gleich so weit abwärts verschoben, daß die entstehende Scheidewand eine ganz niedrige untere Zelle, von einer weit höheren oberen trennt.[3]) Zugleich erfährt, besonders bei Chara, der untere, für die Knotenzelle bestimmte Kern eine starke scheibenförmige Abflachung. Bei ihrer ersten Teilung wird eine Knotenzelle genau senkrecht halbiert, dann rücken aber beide Kerne in eine äußere, morphologisch genau bestimmte Stellung; die Zellplatte, die in den Verbindungsfäden zwischen ihren Tochterkernen entsteht, um je eine peripherische Zelle abzutrennen, ist demgemäß nach außen verschoben, zeigt anderseits diejenige Krümmung, die ihr nach physikalischem Gesetze zukommt und trifft die älteren Wände unter rechtem Winkel. So auch, wenn aus räumlichen Gründen, wie zuvor schon erwähnt wurde, in Zellen der spermatogenen Fäden eine Kernspindel sich schräg stellen mußte (Fig. 8, Taf. I), entsteht die Scheidewand stets rechtwinklig zu den Seitenwänden der Fäden, weil wohl physikalische Ursachen dem Phragmoplasten die erforderliche Lage aufzwingen.

[1]) Über Kern- und Zellteilung. Bot. Ztg. 1888, S. 55.
[2]) Über Zellenformen u. Seifenblasen. Biol. Zentralbl., Bd. VII, 1887—88, S. 728.
[3]) Vergl. hierzu auch B. Dębski, erste Abhandlung, S. 244.

Ganz eigen ist die Art, wie die ungesonderte Kernteilung oder Amitose in den Entwicklungsgang der Characeen eingreift. B. Dębski hat sich sehr eingehend mit diesem Vorgang in seiner zweiten Abhandlung befaßt [1]), so daß ich mich auf diejenigen Punkte beschränken kann, die mich besonders interessierten. Der primäre Internodialkern ist bestimmt, sich nie mehr mitotisch zu teilen. Während die Internodialzelle an Höhe zunimmt, rundet er sich ab und beginnt eine Strukturänderung durchzumachen. Diese besteht darin, daß sein Gerüstwerk dichter wird und die Körnchen in ihm sich immer weniger markieren. Tatsächlich bleibt sein Bau aber dauernd ein fadenförmiger, nur daß bei der dichten Zusammendrängung der Fäden und ihrem stark geschlängelten Verlauf es nicht mehr möglich ist, sie auf gewissen Strecken zu verfolgen. Daß es sich überhaupt in solchen Kernen um ein fadenförmiges Gerüstwerk und nicht um ein sehr englumiges Wabenwerk handelt, läßt sich nur auf den dünnsten Mikrotomschnitten erkennen. Dębski beschreibt nun, wie bei *Chara fragilis* der zur amitotischen Teilung sich vorbereitende Kern auch seine Nukleolen verändert, wie diese an seine Peripherie wandern und dort sich sichelförmig strecken. Bei *Nitella syncarpa* fällt ein solcher Vorgang nicht als typisch auf, vielmehr nur eine bedeutende Vermehrung der Nukleolen, die zugleich unregelmäßige, vielfach gestreckte Formen annehmen und deren Tinktionsfähigkeit wächst. Auf die dann folgende Streckung des Kernes, seine und seiner Nachkommen innerhalb der Internodialzelle sich vollziehende, auf Durchschnürung beruhende Vermehrung, gehe ich nicht weiter ein, da diese seit Fr. Johow [2]), als im wesentlichen bekannt, gelten kann. Es möge genügen, daß ich hier auf meine Fig. 2 hinweise, in welcher bei *a* ein primärer Internodialkern kurz nach seiner Abrundung und tiefer bei *b*, mit Überspringung eines Knotens, der Kern der zweiten Internodialzelle, noch vor seiner amitotischen Teilung, für *Nitella syncarpa* dargestellt sind, sowie auf meine Fig. 11, welche die Struktur eines älteren, aus wiederholter Amitose hervorgegangenen Kernes vorführt. In dem primären Internodialkern nimmt, mit wachsender Verdichtung des Gerüstes, auch dessen Tinktionsfähigkeit zu. Reichtum an Nukleolen, Dichte des Gerüstwerkes und dessen verhältnismäßig starke Färbung bleiben die charakteristischen Kennzeichen der sich amitotisch vermehrenden

[1]) Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXXII, 1898, S. 645 ff., dort auch die ältere Literatur.

[2]) Die Zellkerne von *Chara foetida*, Bot. Ztg., 1881, S. 729.

Characeenkerne. — In Fig. 12, Taf. I, habe ich einen solchen Kern im cytoplasmatischen Wandbeleg eines älteren Internodiums von *Nitella syncarpa* abgebildet, um die Zustände auch im Wandbeleg anschaulich zu machen. Die Hautschicht des Cytoplasmas hat eine merkliche Dicke und erscheint auch nach innen zu ziemlich scharf abgesetzt. Die Chlorophyllkörner haften unmittelbar der Hautschicht an und man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, als wenn die Hautschicht dort schwache Verdickungen aufwiese, wobei freilich die Möglichkeit einer optischen Täuschung nicht ganz ausgeschlossen erscheint. Die Hautschicht, durch welche das Cytoplasma gegen jeden Kern abgegrenzt ist, entspricht in ihrer Stärke der äußeren Hautschicht, während die Vakuolenwandungen wesentlich dünner sind. Dieses Verhalten soll noch im besonderen durch unsere Fig. 13, in *b*, vorgeführt werden, in der ich mich bemüht habe, auch den Bau, wie ihn das fixierte Cytoplasma zeigt, getreu wiederzugeben. Diese mit *b* bezeichnete Teilfigur von 13 stellt den stärker vergrößerten oberen Abschnitt von *a* vor, welcher letztere uns bei schwächerer Vergrößerung über eine größere Strecke des Wandbelegs, in einer noch verhältnismäßig jungen Internodialzelle, orientieren soll. — Die Übereinstimmungen, welche Hautschicht und Kernwandung bei Charen zeigen, hat bereits Dębski hervorgehoben [1]), ihm gelang es auch in einigen der Dreifärbung unterworfenen Präparaten, die Hautschicht und die Kernwandung blau tingiert zu sehen, während das übrige Cytoplasma sich braun gefärbt hatte.

Ich versuchte es, mir durch Reagenzien eine Vorstellung über die Änderung in der stofflichen Zusammensetzung der zur Amitose übergehenden Characeenkerne zu bilden. Ich hielt mich an die aus fixiertem Material hergestellten Mikrotomschnitte, die auf Objektträgern haftend, der Wirkung des Reagens ausgesetzt und dann in üblicher Weise tingiert wurden. Bei diesem Verfahren konnte ich alle Einzelheiten der Wirkung feststellen, freilich aber nur bei solchen Schnitten, die ich entsprechend lange der Einwirkung konzentrierter rauchender Salzsäure aussetzte, da sonstige Mittel versagten. Hingegen widerstanden die mit Chromosmiumessigsäure fixierten Bestandteile der Chara- und Nitellaprotoplasten, welche ja außerdem alle die sonstigen Manipulationen, welche der Befestigung am Objektträger vorausgehen und ihr folgen, durchgemacht hatten, dreitägiger

[1]) Zweite Abhandlung, S. 661.

Einwirkung von Pepsinsalzsäure und Pankreatinsalzsäure sowie Gemischen beider bei Brutwärme. Schließlich wurden bei dieser Behandlung die Schnitte von dem Objektträger losgelöst und damit eine noch weitere Ausdehnung des Versuches vereitelt. Ein Aufenthalt von 24 Stunden in der für Chromatinlösung üblichen, aus vier Teilen konzentrierter Salzsäure und drei Teilen Wasser bestehenden Lösung blieb auch ohne die erwünschte Wirkung. Diese wurde erst erreicht, wenn Nitellapräparate 10 bis 12 Stunden, Charapräparate noch etwas länger, in rauchender Salzsäure verweilt hatten. Das Chromatin war dann aus den Kernen entfernt, die Chromosomen der Teilungsfiguren erschienen nur noch als blasse, auf ihr Linin beschränkte Gebilde. Das Linin des Gerüstwerkes ruhender Kerne war erhalten, so auch die Nukleolen. Zugleich konnte festgestellt werden, daß das Gerüstwerk der amitotischen Kerne keine merkliche Veränderung erfahren hatte, ebensowenig wie deren Nukleolen. Daraus konnte ich den für meine Aufgabe zunächst genügenden Schluß ziehen, daß in den zur Amitose übergehenden Kernen die Substanz, die man hergebrachterweise als Linin bezeichnet, dauernd zunimmt, und so auch die Nukleolensubstanz, nicht aber das Chromatin. Die im Vergleich zu den mitotischen Kernen stärkere Tingierbarkeit des Gerüsts der amitotischen Kerne, die sich auch nach der geschilderten Salzsäurebehandlung erhält, dürfte somit auf einer Imprägnierung des Gerüsts dieser Kerne mit Nukleolarsubstanz beruhen.

Die in Amitose eintretenden Kerne büßen ihre gestaltenden Funktionen in der Characeenpflanze ein und haben allem Anscheine nach nur noch ernährungsphysiologischen Aufgaben obzuliegen. Da ist die Feststellung, daß eine Vermehrung des Chromatins in diesen Kernen aufhört, wohl nicht ohne Interesse. Legt es uns doch unser eingehendes Studium der mitotischen Vorgänge nahe, das Chromatin in Beziehung zu den Trägern der erblichen Eigenschaften in den Kernen zu bringen.

Ergänzend sei hinzugefügt, daß auch die extranuklearen Nukleolen und die Chlorophyllkörner, sowie auch bei Nitella die bekannten Stachelkugeln, der geschilderten Salzsäurebehandlung verhältnismäßig gut widerstehen.[1])

An lebenden Rhizoiden von *Chara fragilis* konnte ich mich von der schaumigen Struktur des in Rotation befindlichen Cyto-

[1]) »Über die Natur der Stachelkugeln und der ihnen homologen Gebilde« vergl. E. Overton, Bot. Zentralbl., Bd. XLIV, 1890, S. 2.

plasmas bei Anwendung hinreichend starker Vergrößerungen direkt überzeugen. Besonders kenntlich wird dieser Bau an Orten, wo der Strom sich staut, er tritt auch vorübergehend deutlicher hervor, wenn das Präparat zu leiden beginnt. Wo die Waben im Cytoplasma sichtbar werden, lassen sich auch ihre fortdauernden Deformationen in der strömenden Masse feststellen. Ich setzte zu wiederholtenmalen Chromosmiumessigsäure den Präparaten, während ich sie beobachtete, hinzu, und konnte unmittelbar konstatieren, daß jenes Wabennetz, das mir in den fixierten Objekten zuvor vorgelegen hatte, tatsächlich einer Momentaufnahme des lebenden Zustandes entsprach.

Es stellte B. D ę b s k i bereits fest[1]), daß dieselben Veränderungen, welche die für Amitose bestimmten Internodialzellen der Chara durchmachen, sich auch in den Kernen anderer Charazellen einstellen, die außer Teilungsfähigkeit gesetzt werden sollen. Die Änderung der Kernstruktur beruht in einer Verdichtung des Gerüstwerkes, der Steigerung seiner Tinktionsfähigkeit, einer Zunahme der Nukleolarsubstanz und Abnahme des Chromatins. Von dieser Änderung bleiben nur ausgeschlossen die Kerne der spermatogenen Fäden, der Eier und bestimmter Knotenzellen. Bei denjenigen Characeenkernen, welche die angegebene Änderung erfuhren, gelingt es nicht, sie rückgängig zu machen. Diese Kerne sind ein für allemal aus der mitotischen Teilungsfähigkeit getreten und zugleich mit ihnen büßten auch die Zellen, denen sie angehören, ihre Teilungsfähigkeit ein. Dieses Verfahren, eine Mehrzahl lebendiger Zellen, denen eine ganz bestimmte Beteiligung an dem Aufbau des Körpers zukommt, frühzeitig von jeder weiteren Bildungstätigkeit auszuschalten, steht ganz vereinzelt im Pflanzenreiche da und weist mit zahlreichen anderen Merkmalen den Characeen eine ganz isolierte Stellung im Pflanzensystem an. Denn auch den Antheridien der Characeen ist nichts ähnliches sonst zur Seite zu stellen, und der Versuch von G. G o e t z[2]), Analogien zwischen der Entwicklung der Oogonien der Characeen und der Archegonien der Laubmoose aufzustellen, ist alsbald bei K. G o e b e l[3]) auf berechtigten Widerspruch gestoßen.

---

[1]) Zweite Abhandlung, S. 645 ff.

[2]) Über die Entwicklung der Eiknospe bei den Characeen, Bot. Ztg., 1899, I. Abt., S. 11.

[3]) Morphologische und biologische Bemerkungen, 11. Über Homologien in der Entwicklung männlicher und weiblicher Geschlechtsorgane, Flora, Bd. 90, 1902, S. 283.

Diejenigen Zellen der Characeentriebe, welche ihre ursprüngliche Kernstruktur behalten und damit auch die Fähigkeit zu Neubildungen besitzen, sind auf die Knoten beschränkt und zeigen dort, wie besonders aus den Untersuchungen von B. Dębski hervorgeht[1]), eine ganz bestimmte Verteilung. Sie bilden Gruppen kleiner plasmareicher Zellen, die sich ausschließlich an die obere Hälfte des Knotens halten und nur an seiner Oberfläche befinden. Aus ihnen gehen alle Rhizoiden, nacktfüßige Zweige und Zweigvorkeime hervor.

Daß die Richtung des Plasmastromes für jede Zelle eines Characeentriebes fest bestimmt, somit erblich fixiert ist, wissen wir seit Alexander Brauns eingehenden Untersuchungen.[2]) Durch ihn wurde auch bekannt, daß die Bildung der Kurztriebe (Blätter) und Achseltriebe (Achselsprosse) an der Seite der aufsteigenden, der Rhizoiden an der Seite der absteigenden Ströme gefördert wird: die erstere scheitelwärts, die letztere grundwärts. Es erinnert das an manche Erscheinungen der Polarität bei höher organisierten Gewächsen, Erscheinungen, die K. Goebel auch mit der gewohnheitsmäßigen Richtung des Nahrungsstromes in Verbindung bringen möchte.[3]) — Bei der *Chara fragilis*, mit der wir experimentierten, zeigte sich die Rhizoidbildung auch stets an derjenigen Seite eines Knoten gefördert, die der Seite des absteigenden Stroms in dem darüber befindlichen Internodium entsprach. Freilich blieb diese Flanke in der Rhizoidbildung bevorzugt auch an Knoten, die zuvor isoliert worden waren. Denn die Rhizoiden entsprangen auch dann derjenigen Knotenseite, die den beiden ältesten Kurztrieben (Blättern) und den aus ihren Achseln entwickelten Trieben gegenüber lag. Der polare Gegensatz mußte solchen Knoten somit zuvor schon induziert worden sein. Nicht anders verhielten sich solche Knoten, über und unter welchen wir den Plasmastrom abgebunden hatten, während andere, von welchen wir nur den oberen, nicht den unteren Strom abstauten, in die Rhizoidbildung nicht eintraten. Die Ab-

[1]) Zweite Abhandlung, S. 656, vergl. dazu auch J. Richter, Über Reaktionen der Characeen auf äußere Einflüsse, Flora, Bd. 78, 1894, S. 403 ff. und K. Giesenhagen, Untersuchungen über die Characeen, in Flora, Bd. 82, 83, 85, 1896—1898 und in einem besonderen Hefte 1902.

[2]) Über die Richtungsverhältnisse der Saftströme in den Zellen der Characeen. Monatsber. d. Berl. Akad. d. Wiss., Math.-physik. Klasse, 1852 und 1853. Vergl. dazu auch G. Hörmann, Studien über die Protoplasmaströmung bei den Characeen. Jena 1898.

[3]) Organographie, 1898, S. 38; Allgemeine Regenerationsprobleme, Flora, Bd. 95, 1905, S 397 ff.

bindung der Ströme wurde mit einem Seidenfaden vollzogen. Daß dieses Verfahren wirklich zum Ziele, den Strom zu unterbrechen, führte, wurde an einigen Objekten durch nachträgliche Fixierung sichergestellt.[1]) Die Versuche, in welchen den Internodien je eine obere und untere Ligatur angelegt wurde, verfolgten vor allem den Zweck, wenn tunlich, die Internodialzelle selbst oder Zellen ihrer Rinde zu Neubildungen anzuregen. Das gelang aber in keinem einzigen Falle. Ebenso finden sich in den Versuchen, die J. Richter[2]) »über Reaktionen der Characeen auf äußere Einflüsse« anstellte, nur Angaben über Rhizoidbildung, über Entstehung von nacktfüßigen Zweigen und Zweigvorkeimen aus Knotenzellen, niemals aus Internodien.

Also ist es eine ganze Summe von Eigenheiten, welche den Characeen eine isolierte Stellung im Pflanzensystem anweist, in welchem sie am besten nach den Algen, getrennt von ihnen, doch nicht minder auch von den Bryophyten, zu behandeln wären. Eine diploide Generation fehlt den Characeen ganz oder ist, wenn man will, auf den Ruhezustand der Zygote beschränkt.. Es war Dębski nicht gelungen, die technischen Schwierigkeiten zu überwinden, die sich einer erfolgreichen Untersuchung der ersten Vorgänge entgegenstellten, die sich in einer keimenden Zygote vollziehen. Ich kann kaum daran zweifeln, daß gleich der erste Teilungsschritt des diploiden Zygotenkerns eine Reduktionsteilung darstellt. Man wüßte sonst wirklich nicht, wo sich eine Reduktionsteilung in die weiteren Entwicklungsstadien einfügen ließe. Bekanntlich wird von der keimenden Zygote eine vordere, kleinere Zelle zunächst abgetrennt. In dieser tritt eine Scheidewand auf, die sie in eine rechte und linke Hälfte zerlegt, worauf die beiden Zellen sich schlauchförmig aus dem gesprengten Scheitel der Zygotenhülle hervorwölben. Sie geben dem Vorkeim und einem Rhizoid den Ursprung, deren Entwicklungsgang schon ganz unter die Norm der haploiden Generation fällt.

Eine Möglichkeit für die Annahme, daß irgendeine diploide Generation den Characeen zukommen sollte, die sich mit dem Sporogon der Bryophyten vergleichen ließe, sehe ich zunächst nicht ein.

[1]) Daß der Strom bei Nitella sich durch Einschnürung in getrennte Kreisströme zerlegen läßt, ist schon lange bekannt. Vergl. Wilh. Hofmeister, Die Lehre von der Pflanzenzelle, 1867, S. 51. Dort die noch ältere Literatur.

[2]) Flora, Bd. 78, 1894, S. 399.

Wenn aber, wie ich annehmen muß, eine Reduktionsteilung sich beim ersten Teilungsschritt einer Characeenzygote vollzieht, so würde Parthenogenesis, wie sie für *Chara crinita* angegeben wird auf nicht allzu große Schwierigkeiten stoßen. Es braucht nur die Reduktionsteilung bei der Keimung der Azygote ausgeschaltet zu werden. Für die auszubildende haploide Generation wäre ja die erforderliche Zahl von Chromosomen da. Es ist über allen Zweifel erhaben, daß *Chara crinita* ohne Befruchtung keimfähige Zygoten liefert.[1]) Daraus konnte seinerzeit ohne weiteres auf Parthenogenesis geschlossen werden. Heute gilt es auch die Frage sich aufzuwerfen, ob nicht etwa die Reduktionsteilung in geschlechtlich erzeugten Zygoten von *Chara crinita* einst ausgeschaltet worden sei und diploiden Pflanzen den Ursprung gegeben habe. Wir wissen heute, daß haploide Generationen bestimmter Pteridophyten und Angiospermen die doppelte Chromosomenzahl, ohne andere Gestaltänderung als etwa Größenzunahme der Zellen, vertragen, während eine haploide Entwicklung der diploiden Generation nicht gelingt. Auch bei Dictyota kam ohne Gestaltänderung eine diploide Generation zustande.[2]) Also lohnte es sich immerhin, die nur in weiblichen Exemplaren bei uns existierende *Chara crinita* auf die angeregte Möglichkeit hin zu prüfen. Lebende Pflanzen von *Chara crinita* vermochte ich mir zur Zeit nicht zu beschaffen, doch hatte mein Kollege G. Karsten die Güte, mir sein Material zu überlassen, das er bei Kiel vor längerer Zeit gesammelt und mit Sublimateisessig fixiert hatte. Es gelang, mitotische Kernteilungen in den hergestellten Schnitten in hinlänglicher Anzahl aufzufinden und festzustellen, daß die Zahl der vorhandenen Chromosomen keine andere als bei *Chara fragilis* ist. Die Teilungsbilder entsprachen jenen der anderen Charaart und auch die Zählungen der Chromosomen ließen sich nicht leichter ausführen. Ich gelangte zu der Zahl 18, wie bei *Chara fragilis*, nur durch Häufung der Beobachtungen. Aus den Skizzen, die ich von den Scheiteln der beiden Arten ausführte, ergab sich weiter, daß sie in der Größe ihrer Zellen und ihrer Kerne übereinstimmen. Da ich bei meiner Untersuchung von Marsilien hatte fest-

---

[1]) Vergl. hierzu: Alex. Braun, Parthenogenesis, Abh d. Berl. Akad. d. Wiss., 1856, S. 337; A. de Bary, Zur Keimungsgeschichte der Charen, Bot. Ztg., 1875, S. 379; W. Migula, Die Characeen in Rabenhorsts Kryptogamenflora, Bd. V, 1897, S. 358.

[2]) J. Lloyd Williams, Studies in the Dictyotaceae, Ann. of Bot., Bd. XVIII, 1904., S. 141 und ebenda S. 193.

stellen können [1]), daß die diploiden Eier und Eikerne ihrer apogamen Arten wesentlich größer als jene der haploiden bei den sexuellen Arten sind, so suchte ich auch Vergleichungspunkte zwischen den Oogonien von *Chara fragilis* und *Chara crinita* zu gewinnen. Es stellte sich, wie vorauszusehen war, heraus, daß auch die Oogonien der beiden Arten, auf gleichem Entwicklungszustand, dieselbe Größe zeigen. Nachdem die Wendungszelle angelegt ist, wachsen die Eikerne zu ihren vollen Dimensionen aus, die um das Mehrfache die der vegetativen Kerne übersteigen. Unsere Fig. 16, Taf. I, führt einen Eikern von *Chara fragilis* noch vor Beginn der Stärkebildung im Ei vor und Fig. 17 einen entsprechenden Eikern von *Chara crinita*. Die Übereinstimmung zwischen beiden fällt unmittelbar auf. Somit darf wohl auch die oogonientragende Generation der *Chara crinita* als haploid gelten.

Bei den Characeen stellt die amitotische Teilung der Kerne in den Internodialzellen nicht einen senilen Vorgang dar, vielmehr nur ein Mittel, um gewisse Bestandteile der Kernsubstanz im Verhältnis zu der Massenzunahme des Cytoplasmas zu vermehren. Dabei kommt es allem Anschein nach nicht an auf die fortgesetzte Halbierung der Träger der erblichen Merkmale, die auf diesem einfachen Wege der Durchschnürung des Kernleibes auch gar nicht zu erreichen wäre, sondern auf die Vermehrung der übrigen Kernkomponenten, denen somit vornehmlich vegetative Funktionen im Protoplasma obliegen müssen. In den Geweben einer *Tradescantia*, wo amoebenartige Kernformen und Kerndurchschnürungen besonders in älteren Internodien schon vor Zeiten auffielen, lag es zunächst nahe, an eine senile Erscheinung zu denken. Dennoch ist es in Wirklichkeit auch dort nicht so. Ich habe *Tradescantia virginica* nunmehr von neuem, und zwar Anfang Juni, zu Beginn ihrer Blütezeit, im Zustande ihrer kräftigsten Lebensäußerung untersucht und trotzdem fehlten die Kerndurchschnürungen in ihr nicht. Sie ließen sich bis in die jüngsten Internodien hinein verfolgen, wenn auch ihre Zahl in den älteren Geweben größer war. Ich konnte sie auch in den Stengelknoten antreffen und sie zeichneten nicht etwa in ihrer Ausbildung benachteiligte, vielmehr besonders gut ernährte Zellen aus. Sie fehlten nur in der Epidermis und meistens auch in den hypodermalen Zellschichten. Das ganze innere Gewebe der von mir untersuchten Pflanzen war auffallend

[1]) Apogamie bei Marsilia, Flora, Bd. 97, 1907, S. 160 ff.

stärkereich; die Siebteile führten viel Eiweiß und diese kräftige Nahrungszufuhr mochte es sein, die eine gewisse Hypertrophie der Kerne veranlaßte. Letztere hielt sich übrigens in sehr bescheidenen Grenzen und bestand vornehmlich in einer Zunahme der Nukleolenzahl. War diese aber eingetreten, so neigte der Kern dazu, seine Teile um die einzelnen Nukleolen abzurunden und solchermaßen gelappte Formen anzunehmen. Unter Umständen schnitt eine Trennungslinie scharf in den Kernkörper von außen ein, sich in gleicher Entfernung von zwei Nukleolen haltend. Daß die gegeneinander sich abgrenzenden Teilstücke stets nur einen Nukleolus führen müßten, ist übrigens nicht notwendig. Die Einschnürung braucht auch nicht bis zur Trennung der Teilstücke fortzuschreiten; sie kann es aber tun und eine selbst ansehnlichere Zahl getrennter Kerne in derselben Zelle liefern.

Daß entsprechende Kernvermehrungen auch in den Geweben anderer Pflanzen vorkommen, hatte Fr. Johow[1]) schon vor Jahren, im besondern für Monokotylen, festgestellt. Er sah sie sich vollziehen in durchaus noch lebenskräftigen Zellen, und zwar zeigte der Vorgang »keine Anomalien, die auf eine stattgehabte Desorganisation hingewiesen hätten«.

Somit sind es auch in den Gewebezellen der *Tradescantia* und wohl auch anderer Phanerogamen, lebenskräftige Kerne, die sich amitotisch teilen, doch mit dem Unterschied von den Internodialkernen der Characeen, daß es bei ihrer Durchschnürung sich um einen sekundären und nicht um einen primären, in den Entwicklungsgang hineingehörenden Vorgang handelt.

In pflanzlichen Zellen, die in symbiotische Beziehung zu anderen Organismen treten, pflegt der Kern sich hypertrophisch zu vergrößern und amitotisch zu vermehren. Dabei sind, so weit ich sehen kann, die Änderungen, die sein Bau erfährt, ganz ähnlich denen, die ein zur Amitose sich vorbereitender Characeenkern durchmacht. Besonderes Interesse erweckten in mir die zu Knöllchen umgestalteten Seitenwurzeln von Podocarpus, deren primäre Rinde von einer endotrophen Mykorrhiza erfüllt ist. K. Shibata[2]) der diese Gebilde eingehend untersucht hat, gibt an, daß in den

[1]) Untersuchungen über die Zellkerne in den Sekretbehältern und Parenchymzellen der höheren Monokotylen. Bonner Dissertation 1880, S. 37 ff. und Die Zellkerne der *Chara foetica*, Bot. Ztg. 1881, S. 746.

[2]) Cytologische Studien über die endotrophen Mykorrhizen, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXXVII, 1902, S. 643.

die Pilzhyphen aufweisenden Wirtzellen das Cytoplasma sich vermehre und feinkörnig werde. Der Zellkern gewinne an Größe, erhalte unregelmäßige Gestalt, strecke sich und schnüre sich endlich durch, worauf die Teilstücke meist dasselbe zu wiederholen pflegten. Während dieser Vorgänge nehme die Tinktionsfähigkeit der Kerne zu, so daß es zuletzt schwer falle, deren Bestandteile zu unterscheiden. Bei Betrachtung der Shibataschen Tafel[1]), dem Vergleich der Figuren[2]), die er von den normalen und den sich einschnürenden Kernen der Podocarpusknöllchen entwirft, fällt die große Ähnlichkeit mit meinen Characeenbildern sofort in die Augen. Es ist dieselbe Verdichtung des Gerüstwerks, dieselbe Steigerung seines Tinktionsvermögens, dieselbe Zunahme der Nukleolen.

Dreijährige Topfexemplare von *Podocarpus chinensis* aus dem Dresdener botanischen Garten, die seinerzeit T. Nobbe und L. Hiltner[3]) untersuchten, hatten ihnen zahlreiche, in zwei Längsreihen angeordnete, Seitenwurzeln vertretende Knöllchen vorgeführt.

Sie fanden auch die Pilzhyphen in den Zellen dieser Knöllchen vor. Es war also nicht zu verwundern, daß auch alle Topfexemplare von Podocarpus in unserem botanischen Garten mit Knöllchen an den Wurzeln versehen waren. Ich ließ nun diese Wurzeln in ebensolcher Weise wie die Characeentriebe fixieren und färben, fand die von K. Shibata geschilderten Zustände in den Rindenzellen der Knöllchen vor und konnte mich von der großen Übereinstimmung im Aussehen der Kerne mit meinen Characeenbildern unmittelbar überzeugen. Ich untersuchte *Podocarpus chinensis Wall.* und *Podocarpus macrophylla Don.* verzichte aber auf weitere Schilderung, da sie nur eine Bestätigung der Shibataschen Angaben brächte.

Wie K. Shibata angibt[4]), wird in den Knöllchenzellen weiterhin das Pilzmyzel verdaut und wenn dieser Prozeß seinem Ende naht, runden die vorhandenen Zellkerne sich wieder ab, büßen ihre starke Tinktionsfähigkeit ein und nehmen ein normales Aussehen an. Man trifft sehr oft solche Kerne in gegenseitigem Kontakt, auch wohl nur einen »ungemein hypertrophierten« Kern an. Ein solcher kann gleich darauf in mitotische Teilung eintreten und liefert 12 Chromosomen, die nämliche Zahl, die somit auch den

[1]) A. a. o. Taf. XIV.

[2]) Fig. 2a und Fig. 3—7.

[3]) Die endotrophe Mykorrhiza von Podocarpus und ihre physiologische Bedeutung. Die Landwirt. Versuchsst., Bd. LI, 1899, S. 241.

[4]) A. a. O. S. 617.

normalen Gewebezellen von Podocarpus zukommt. Also liegt tatsächlich bei Podocarpus der Fall vor, wo tiefgreifende Änderungen im Kern, die zu seiner Massenzunahme und amitotischen Teilung führten, rückläufig in die normalen Bahnen zurückgeleitet werden können und den ursprünglichen Zustand wieder herstellen. Wie die fortschreitende Veränderung die Amitose, so veranlaßt die rückläufige eine Vereinigung der getrennten Teile, wobei selbst die Chromosomen sich wieder intakt einfinden. Wo die zur Amitose führenden Veränderungen erblich festgelegt sind, gelingt es nicht, in rückläufiger Bewegung die Mitose wieder herzustellen; anders wenn, wie in den Knöllchen von Podocarpus, eine von außen kommende Ursache, welche die sich einstellenden Vorgänge auslöste, anderweitigen Einwirkungen ihrerseits weichen muß. Zur normalen Spindelfaserbildung, der Ausgestaltung eines Phragmoplasten und zu einer Zellteilung bringen es übrigens auch jene Protoplasten der Podocarpusknöllchen, die einen normalen Kern zurückerhielten nicht. Sie sterben vielmehr alsbald ab, wie zuvor schon ihre Nachbarn, und es wird das Knöllchen bis auf seinen Zentralzylinder, aus dessen Spitze neue Knöllchen hervorwachsen, desorganisiert.

Mir haben Zustände von Podocarpusknöllchen mit nachträglichen Mitosen bisher nicht vorgelegen, so daß ich meinen Bericht nur auf Shibatas Angaben stütze.

Daß in anderen Fällen, wo Amitosen in Pflanzenzellen durch die Reizwirkung fremder Organismen veranlaßt wurden, eine Wiedervereinigung der Teilkerne und Rückkehr zur Mitose erfolgt sei, darüber finde ich keine Angaben. Hingegen werden Vorgänge der Amitose öfter als Folge solcher fremder Einwirkungen angegeben und finden sich bei Shibata zusammengestellt.[1]) Daß aber eine amitotische Kernvermehrung nicht in allen Objekten sich dann einzustellen braucht, geht aus dem Umstand hervor, daß J. M. Janse[2]) nur bei einer Art unter den 76 javanischen Mykorrhizapflanzen, die er untersuchte, sie antraf. Wo sie nicht erfolgt, scheint zugleich, wie ich aus Janses Aufsatz entnehmen möchte, die Veränderung, die der Kern der befallenen Zelle durchmacht, nicht so tiefgreifend zu sein. Damit anderseits eine solche Rückkehr zum Normalen wie bei Podocarpus sich vollziehen könne, ist wohl nötig, daß die Einflüsse, welche die hypertrophische Ernährung der Kerne bewirken,

[1]) A. a. O. S. 650.

[2]) Les Endophytes radicaux de quelques plantes Javanaises, Ann. de Buitenzorg, Bd. XIV, 1897, S. 178.

nicht eine bestimmte, sonst dauernde Schädigung bedingende Grenze überschreiten.

Eine andere Veränderung als die, welche die Kerne in den Knöllchen von Podocarpus aufweisen und die so nah sich jener in den Characeeninternodien anschließt, zeigen die Kerne in den von Werner Magnus[1]) als Verdauungszellen bezeichneten Zellen der Wurzeln von *Neottia Nidus avis* und in den Verdauungszellen des Rhizoms von *Psilotum triquetrum*, die K. Shibata[2]) untersuchte. Da bilden sich Klumpen in den hypertrophierenden Kernen aus, die auf Ansammlungen von Chromatinkörnchen zurückgeführt und als »Chromatinballungen« bezeichnet werden. Sie erinnern an ähnliche Gruppierungen des Inhalts in gefütterten Drüsenzellen von Drosera[3]). So veränderte Kerne nehmen bei Neottia amöbenartige Formen an, die aber in den seltensten Fällen bis zur Fragmentation getrieben werden.[4]) Über ähnliche Gestaltung der Kerne berichtet auch Shibata bei Psilotum; eine Kernverdopplung sah er nur ausnahmsweise ihr folgen. Die in solchen Fällen sichtbar werdenden Änderungen sind es somit nicht, die eine amitotische Vermehrung der Kerne besonders fördern.

In den Knöllchen, die an den Wurzeln von *Circea lutetiana* durch *Heterodora radicicola* verursacht werden und die Gallen dieses Wurmes darstellen, konnte G. Tischler[5]) vielkernige Riesenzellen nachweisen. Er fand, daß sie aus Zellen des Pleroms hervorgehen, die bald nach dem Einwandern des Parasiten zu wachsen anfangen und durch mitotische Teilung mehrkörnig werden. Weiterhin soll die Kernvermehrung auf amitotischem Wege sich vollziehen. Die Struktur der Kerne zeigt sich dann gleichzeitig verändert. Dabei gibt G. Tischler eine bedeutende Zunahme der Nukleolarsubstanz an, »so daß oft das gesamte Kerninnere, mit Ausnahme eines ziemlich schmalen Saumes, von einem Nukleolus eingenommen ist«.[6]) So rücken die hier zu beobachtenden Erscheinungen wieder näher an jene heran, die wir bei Characeen und Podocarpus betrachtet hatten,

[1]) Studien an der endotrophen Mykorrhiza von *Neottia Nidus avis*., Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXV, S. 223.

[2]) A. a O. S. 656.

[3]) O. Rosenberg, Physiol.-cytol. Unters. über *Drosera rotundifolia*, Medd. f. Stockholms Högsk, 1899, S. 55.

[4]) Werner Magnus a. a. O. S. 242.

[5]) Über Heterodoragallen an den Wurzeln von *Circea lutetiana L.* Ber. d. Deutsch. bot. Gesell., 1901, S. 98.

[6]) A. a. O. S 102.

Veränderungen, durch welche eine amitotische Kernvermehrung gefördert wird.

Bevor die Riesenzellen der Heterodoragallen zugrunde gehen, stellt sich an ihren Kernen ein als chromolytisch bezeichneter Zerfall in Stücke ein, den G. Tischler[1]) allein »Fragmentation« nennen möchte.[2]) Dieser Vorschlag ist gerechtfertigt und ich habe es meinerseits auch vermieden, dort, wo es sich nicht um den Zerfall eines Kern in Stücke, sondern um seine wirkliche Teilung, wenn auch ohne innere Sonderung, handelte, nicht von Fragmentation zu sprechen. Es ließe sich in der Tat bei der direkten Kernteilung zwischen Kernvermehrung durch Zerfall in Stücke, d. h. Kernzerklüftung oder Fragmentation und der Kernteilung ohne mitotische Sonderung oder Amitose unterscheiden.

Auf andere Beispiele chromolytischen Kernzerfalls, als zu meiner Aufgabe nicht gehörend, gehe ich hier nicht ein.

Ebensowenig habe ich »Pseudoamitosen« an dieser Stelle zu behandeln, welche durch chemische oder physikalische Einwirkungen künstlich gestörte Mitosen darstellen, die übrigens auch in der freien Natur unter dem Einfluß vorwiegend pathologischer Reize sich einstellen können. Eine Zusammenstellung der diesbezüglichen Literatur gab ich in dem Progressus rei botanicae[3]) erst im vorigen Jahr. Ebenso hatte ich die betreffende Aufgabe, wenn auch enger umgrenzt, in meinem letzten Aufsatze »über die Individualität der Chromosomen und die Pfropfhybridenfrage«[4]) zu behandeln.

Was endlich die Frage anbetrifft, ob phylogenetisch die Mitose aus der »Amitose« hervorgegangen sei, so müßte diese Frage heute wohl etwas anders gefaßt werden. Mit zunehmender Arbeitsteilung im Organismus und steigender Sonderung in seinem Bau dürfte auch die Teilung der Träger der Erblichkeit, der Kerne, ent-

---

[1]) A. a. O. S 104.

[2]) Eine ähnliche Aufeinanderfolge von Vorgängen, wie sie Tischler in diesen Riesenzellen beschreibt, waren mir vor Zeiten in den Suspensoren von *Orobus vernus* entgegengetreten. »Einige Bemerkungen über vielkernige Zellen und über die Embryogenie von Lupinus, Bot. Ztg., 1880, S. 850.«

[3]) Bd. I, S. 86. Vergl. auch die seitdem veröffentlichten Histolog. Investig. of Intumescences, von E. Dale, Philos. Transact. Roy. Soc. London, Ser. *B*, Vol. 198, 1906, S. 244 und die soeben erschienene Zusammenstellung: Neue Ergebnisse auf dem Gebiet der pathologischen Pflanzenanatomie, durch E. Küster, in den Ergebnissen der allg. Path. und pathol. Anatomie von Lubarsch und Ostertag, XI. Jahrg. 1907, S. 416 ff.

[4]) Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XLIV, 1907, S. 482.

sprechend kompliziertere Vorgänge verlangt haben. Ja, es läßt sich annehmen, daß es eine übereinstimmende Steigerung der Anforderungen an die Leistung der Kerne war, die es veranlaßte, daß auf einer korrespondierenden Höhe der Organisation die nämlichen karyokinetischen Vorgänge sich einstellten. Die ursprünglichste Teilung eines Kerns, bei einem mit Kern schon versehenen, doch mit nur wenigen spezifischen Merkmalen erst ausgestatteten Organismus, brauchen wir uns nicht viel komplizierter als die Durchschnürung eines Chlorophyllkorns in zwei gleiche Hälften vorzustellen. Von solchen Teilungen bis zu den ausgeprägt mitotischen mögen alle Zwischenstufen durchlaufen worden sein. Einfachere Kernteilungsvorgänge primitiverer Art dürften aber keinesfalls Amitosen genannt werden, weil das Wort doch eigentlich den Verlust der mitotischen Teilungsart aussagt. Man sollte sie als ursprüngliche Kernteilung, Protokaryokinese, bezeichnen und den Ausdruck Amitose auf sie nicht mehr anwenden.

Figurenerklärung.

Sämtliche Figuren nach Mikrotomschnitten.

Nur die Fig. 16 und 17 von Objekten, die mit Sublimatessigsäure fixiert waren, die übrigen aus Chromosmiumessigsäurematerial.

Nur die Fig. 6 und 9 mit Safraningentianaorange, die übrigen mit Eisenhämatoxylin gefärbt.

Die Fig. 1—13 zu *Nitella syncarpa*, 16 zu *Chara fragilis*, 14, 15 und 17 zu *Chara crinita*.

Alle Figuren 1600mal vergrößert, ausgenommen 13*a*, 14 und 15, deren Vergrößerung nur 400 beträgt.

Fig. 1. Kern einer Knotenzelle im Ruhezustand.

Fig. 2. Drei Kerne, von denen der oberste der primäre Kern einer Knotenzelle, der mittlere der primäre Kern einer Internodialzelle, der untere der ebenfalls noch ungeteilte Kern der zweiten Internodialzelle.

Fig. 3. Geschrumpfter Kern einer Knotenzelle.

Fig. 4. Kern einer Zelle des spermatogenen Fadens in Ruhe.

Fig. 5. Kern einer Zelle des spermatogenen Fadens in den ersten Stadien der Prophase.

Fig. 6. Ein nächstfolgendes Stadium der Prophase aus einer ebensolchen Zelle.

Fig. 7. Stadium des lockeren Knäuels aus einer ebensolchen Zelle

Fig. 8. Kernspindel und Kernplatte aus einer ebensolchen Zelle.

Fig. 9. Kernplatte in Polansicht aus einer ebensolchen Zelle

Fig. 10. Kernplatte in Polansicht aus einer Knotenzelle.

Fig. 11. Stück eines amitotischen Kerns aus einem Internodium.

Fig. 12. Stück des cytoplasmatischen Wandbelegs aus einer Internodialzelle, nebst amitotischem Kern.

Fig. 13. Teile des cytoplasmatischen Wandbelegs aus dem oberen Ende einer Internodialzelle, in *a* schwächer, in *b* stärker vergrößert.

Fig. 14 und 15. Endzellen von Rindenlappen.

Fig. 16 und 17. Eikerne aus gleichaltrigen Oogonien.

Zwei Briefe Hugo von Mohls an Franz Unger

mitgeteilt von

G. Haberlandt (Graz).

Eingelangt am 8. Juli 1907.

Unter den zahlreichen Briefen, aus denen der handschriftliche Nachlaß Franz Ungers[1]) zum größten Teil besteht, befinden sich auch 14 Briefe von Hugo von Mohl, die in den Jahren 1853 bis 1869 geschrieben worden sind. In jedem von ihnen spricht sich die herzliche Freundschaft aus, welche die beiden so verschieden veranlagten Forscher verbunden hat. Der kraftvolle, wenn nötig rücksichtslose und dabei doch wieder vorsichtig-kritische Botaniker der Tübinger Hochschule fühlte sich mächtig angezogen von dem impulsiven, geistsprühenden, sensitiven Pflanzenphysiologen des Grazer Joanneums und später der Wiener Universität; und dieser wieder war dem um fast fünf Jahre jüngeren schwäbischen Freunde in fast schwärmerischer Verehrung zugetan. Wie hoch und selbstlos Fr. Unger die wissenschaftlichen Verdienste H. v. Mohls einschätzte, geht aus dem offenen Briefe hervor, den er anstatt eines Vorwortes in seiner 1855 erschienenen »Anatomie und Physiologie der Pflanzen« veröffentlicht hat. Unger widmet das Buch seinem Freunde Hugo von Mohl, als »dem Begründer der neueren Pflanzenanatomie« und schließt mit folgenden Worten:

»Und so nimm denn, lieber Freund! dieses Buch als ein schwaches Zeichen der Huldigung, welche ich Dir im Namen der Wissenschaft bringe, freundlich auf. Lasse dem bescheidenen Schiffchen den Schmuck Deines Namens, den ja ohnehin jede Seite verkündet, gefallen. Mir aber lasse den Trost, daß ich es nicht

[1]) Derselbe befindet sich im Besitz des bot. Instituts der Universität Graz. Vgl. Briefwechsel zwischen Franz Unger und Stephan Endlicher, herausgegeben und erläutert von G. Haberlandt, Berlin, 1899, Vorwort.

vergeblich gezimmert, und daß ich dabei meine schönsten Tage des Lebens nicht unfruchtbar vergeudet habe, denn was bliebe mir sonst übrig, als — um das Gleichnis festzuhalten — in die elegischen Worte des großen römischen Lyrikers, selbst anklagend, einzustimmen:

O navis, referent in mare te novi
Fluctus? O quid agis? fortiter occupa
Portum. — — —.

In den an Unger gerichteten Briefen kommt die von A. de Bary in seinem Nachruf[1]) so anziehend geschilderte Persönlichkeit H. v. Mohls prächtig zum Ausdruck. Dies gilt insbesondere von nachstehenden zwei Briefen, dem ersten und dem letzten der obenerwähnten Sammlung.

I.

Mein lieber Freund!

Herzlichen Dank für Deinen Brief vom 13. N. und die ihn begleitenden Abhandlungen[2]), aus denen ich sehe, daß Du in Wien eine Art experimental. Institut errichtet hast, eine Sache, die ich schon längst hier tun wollte, zu der ich aber nicht kam, da gar zu vielerlei Geschäfte auf mir ruhen.

Hätte ich gewußt, daß Du nach Graetz im Sommer gegangen bist, so hätte ich Dich dort besucht; allein ich kam von diesem Plan ab, da ich in einer Wiener Zeitung die Notiz las, daß Du ausnahmsweise von den übrigen Professoren die Ferien in Wien zubringst. Ich hätte vom Pustertale, wo ich im Sommer war, nur einen Sprung nach Klagenfurt und Laibach gehabt und dort die Eisenbahn getroffen. Ich hatte mich schon gefreut, die beata ruris otia in Deiner Gesellschaft genießen zu können und bereue nun, nicht an Dich geschrieben zu haben.

Du fragst, warum ich ins Traubenland gegangen bin? Nun ich war im Winter drei Monate lang sehr übel auf; ich war von

[1]) »Bot. Ztg.«, 1872, Nr. 31.

[2]) Im Jahre 1853 hat Unger in den Sitzungsberichten und Denkschriften der Wiener Akademie der Wissenschaften nachstehende Arbeiten veröffentlicht: Notiz über ein Lager von Tertiärpflanzen im Taurus. Ein fossiles Farnkraut aus den Osmundaceen; von Ilia bei Chemnitz; nebst vergleichenden Skizzen über den Bau des Farnstammes. Die Pflanze und die Luft (Festvortrag). Versuche über Luftausscheidung lebender Pflanzen. Welchen Ursprung hat das von den grünen Pflanzenteilen abgeschiedene Stickgas? Nachträgliches zu den Versuchen über Aufsaugung von Farbstoffen durch lebende Pflanzen. Einiges über Organisation des Blattes von *Victoria regia*. Jurassische Pflanzenreste.

der Grippe, die hier arg hauste, ergriffen, fiel aus einem Katarrh in den anderen und wurde so elend und mißvergnügt, daß ich auch nicht mehr das kleinste Geschäft vornehmen konnte. Unter diesen Umständen war längere Ruhe und Befreiung von den Amtsgeschäften durchaus nötig, zugleich hielt ich es für passend, in ein warmes Klima zu gehen. Ich ging daher im Mai nach Venedig; ich wollte dort mich mit Algen beschäftigen, allein immerwährender Wind und tägliche Gewitter machten das Meer zu unruhig, um sammeln zu können. Nach einem Monat wurde mir das Amphibienleben zur Last und ich ging nach Bozen und als es mir dort zu warm wurde, ins Pustertal und von da im Herbst nach Meran. Der vielfache Aufenthalt in freier Luft, Mangel an geistiger Überarbeitung und Ärger, die hier vielfach mein Los sind, ließ mich meine Gesundheit wieder finden, und zwar in höherem Grade, als ich zu hoffen gewagt hatte, denn wenn mir im Winter einer gesagt hätte, ich würde im Sommer in Hemdärmeln auf den Alpen herumlaufen und wieder meinen alten Ruhm, kein schlechter Bergsteiger zu sein, aufs neue erwecken, so hätte ich ihm einfach ins Gesicht gelacht. Ganz hatte ich mich zwar nicht aufgegeben, allein ich zog mit schwerem Herzen über die Alpen.

Über die Traubenkrankheit werde ich keine Schrift herausgeben; wohl noch einen Aufsatz in der »Bot. Zeitung«[1]), in der ich nachweisen werde, daß das Oidium Tuckeri eine Erysiphe ist, allein weiter habe ich nichts zu sagen. Leider traf ich bei meiner Rückkehr die Krankheit auch hier. Mir scheint jedes Mittel gegen dieselbe vergeblich zu sein.

Daß ich bis zur Naturforscherversammlung nicht hierher kam, wirst Du natürlich finden. Einmal wollte ich nicht mit meiner noch nicht ganz befestigten Gesundheit mich zu Tode plagen, anderenteils wollte ich auch nicht die Vorstandschaft übernehmen, nachdem ich die Vorbereitungen nicht hatte treffen können, da wäre schön über mich räsoniert worden, ich wolle mir keine Mühe geben, sondern diese den andern überlassen, aber die Ehre von der Sache haben usw. Doch kam ich damit aus dem Regen in die Traufe, denn ich höre, es sei in der »Bonplandia« ein fulminanter Artikel gegen mich erschienen[2]), der mich moralisch tot machen

[1]) Über die Traubenkrankheit, Bot. Ztg., 1854, pag. 137 ff.

[2]) In demselben wird behauptet, Mohl habe die Tübinger Naturforscherversammlung zu hintertreiben versucht und sei, nachdem ihm dies nicht gelungen, eine Krankheit vorschützend, nach Italien abgereist. In einer Erklärung (Bot. Ztg., 1854), die mit den Worten beginnt: »Es hat alles seine Grenzen«, weist Mohl diese Anwürfe ebenso würdig als scharf zurück.

soll. Gelesen habe ich ihn noch gar nicht, es ist mir die Sache ziemlich gleichgültig, denn ich weiß recht gut, von wem Schultz [unleserliches Wort], von dem der Artikel ist, zu demselben aufgehetzt wurde (nämlich von Fichte[1]) und aus welchen miserablen Motiven die Sache geschah. Hätte ich einen juridischen Beweis für diese Autorschaft von Fichte, so sollte er erfahren, ob in Württemberg eine Justiz ist, allein an diesem fehlt es. Die Miserabilität dieses Volkes ist aber so groß, daß sie, seitdem ich wieder da bin, kein Wort zu sagen wagen, allein dazu haben sie nicht den Mut trotz aller Intrigen, die sie während meiner Abwesenheit angesponnen haben, denn sie wissen, daß ich etwas grob dreinschlagen kann und auch beim Ministerium mehr gelte als sie alle miteinander.

Du siehst, daß meine kollegialische Stellung auf diese Weise nicht die brillanteste ist, was mir übrigens ganz gleichgültig ist. Ich lege niemand etwas in den Weg, lasse mich in keine Intrige ein und kümmere mich um die anderen nicht; ob sie über mich schimpfen, ist mir einerlei.

Ich habe die wenigen Wochen, die ich wieder hier bin, hauptsächlich damit zugebracht, daß ich die Bücher, die im letzten Jahr erschienen sind, durchgelesen habe. Nun soll's wieder an eigene Arbeiten gehen. Vorerst werden uns die Franzosen wohl noch in Ruhe lassen; wie es freilich im nächsten Jahr stehen wird, weiß Gott; wenn die Kanonen übers Pflaster rumpeln und das Haus voll Einquartierung liegt, möchte dann leicht aus dem ruhigen Arbeiten nicht viel werden.

Du befürchtest, euer Unterrichtswesen werde wieder in den früheren Zustand zurückkehren. Offen gestanden finde ich mich in euren Zuständen nicht zurecht; euer ganzes Unterrichtswesen, von den Gymnasien an, die von Franziskanern etc. geleitet werden, bis zur Universität ist so total von unseren Einrichtungen verschieden, daß mir jeder Anhaltungs- und Vergleichspunkt fehlt. Bei uns ist die größte Hörfreiheit insofern, als jeder Studierender Kollegien bei jedem Lehrer und zu beliebiger Zeit hören oder auch nicht hören kann, wie ich z. B. nie in meinem Leben ein botanisches Kollegium hörte[2]), es ist ferner insofern Lehrfreiheit, als jeder

[1]) Hermann Fichte (1797—1879), Professor der Philosophie in Tübingen. Sohn des Philosophen Joh. Gottlieb Fichte.

[2]) Mohl studierte an der Universität Tübingen fünf Jahre lang Medizin. Als Botaniker war er, wie aus obiger Bemerkung hervorgeht, vollständig Autodidakt.

Lehrer außer seinem Nominalfach, über welches er lesen muß, lesen kann, über was er will. Ob ein Lehrer Christ oder Jude, Protestant oder Katholik ist, darauf nimmt ferner der Staat keinerlei Rücksicht. Das alles ist gewiß schön und gut, allein das Resultat ist, wie die Prüfungen ausweisen, eines, welches mich wenigstens nicht befriedigt. Ich bin nach und nach an die Sache gewöhnt, allein ich erinnere mich sehr wohl, wie mich vor 18 Jahren, als ich hierher kam [1]), nichts so sehr frappierte als die Erfahrung, daß die Mediziner, die ihr Examen machten, gar wenig wußten. Machten solche, die auf fremden Universitäten studiert hatten, ihre Prüfungen hier, so war oft genug die Sache noch trauriger. Die Sache war mir oft widerwärtig und seit Jahren suchte ich einen anderen Studienplan einzuführen, nämlich eine Verordnung, nach welcher ein Mediziner gehalten werden sollte, zuerst die Naturwissenschaften zu studieren und alsdann, ehe er zum Studium der Medizin zugelassen würde, eine Prüfung in diesen zu erstehen. Dann, aber erst nach gründlichem Examen in den Naturwissenschaften, sollte ihm erlaubt werden, medizinische Kollegien zu hören, nach diesem sollte er ein Examen theoreticum in der Medizin erstehen, in dem er zeigen sollte, daß er etwas gelernt hat, und später ein praktisches Examen vor dem Medizinalkollegium am Krankenbette und am Sektionstische, in dem er zeigen sollte, daß er zu handeln versteht. [2]) Die Sache wird nun wohl eingeführt werden; Gott gebe es, daß es praktisch ist und die Leute zwingt, etwas Rechtes zu lernen. Ich wünschte schon längst auf anderen Universitäten bei einigen Prüfungen anwesend sein zu können, um zu sehen, wieviel von den Kandidaten verlangt wird. Unser Kliniker, der ein Bayer ist, sagte mir, wir verlangen in den Naturwissenschaften weit mehr, als in Bayern verlangt werde, dagegen in der Medizin weit weniger. Es mag sein, unser System ist aber gewiß daß richtigere. Denken und beobachten lernen muß ein Mediziner an den Naturwissenschaften, wenn auch nicht, wie Liebig meint, bloß an der Chemie.

Ich schwatze Dir jedoch damit allerlei Zeug vor, was Dich nicht interessieren kann, indem es bloß für unsere lokalen Verhältnisse von Interesse ist.

---

[1]) Mohl wurde im Frühjahr 1835 nach Schüblers Tod aus Bern, wo er ein Jahr lang Professor der Physiologie war, als Professor der Botanik nach Tübingen berufen.

[2]) Diesen Vorschlägen entsprechen, wie man sieht, alle neueren medizinischen Studien- und Prüfungsordnngen.

Mehr interessieren wird es Dich wohl, daß ich mit einem jungen Optiker (Kellner in Wetzlar) in Verkehr getreten bin, von dem ich für das Mikroskop sehr viel erwarte. Daß von Plößl nichts weiter zu erwarten ist, hast Du mir schon vor Jahren geschrieben. Die Sonnenfinsternis, nach welcher er mir Objektive machen wollte, ist längst vorüber, die Objektive aber nicht gemacht. Nun, ich muß mir das gefallen lassen, er ist ein alter Mann. Ich denke aber, es wird bald von Wetzlar aus ein neuer Fortschritt ausgehen.[1])

Ich habe heute von Willkomm zwei Abschnitte vom Stamme von *Phoenix* bekommen, die $1^1/_3$ Zentner wiegen. Ich will sehen, was damit zu machen ist; viel Neues werde ich wohl nicht sehen. Wäre ich nur ein paar Jahre in Brasilien! Es ist längst mein Wunsch zu diesem Behufe Urlaub zu nehmen, es läßt sich aber in meinen Verhältnissen schwer ausführen. Ich will allerdings, wie Du, eine Wallfahrt nach Upsala machen, bisher zog es mich aber immer in den Süden, trotz Skorpionen, Flöhen etc. etc.

Grüße Fenzl und wenn Du etwa zufälligerweise mit einem Oberst Marienni [?], der Vorstand des topographischen Bureaus ist, bekannt bist, auch diesen. Er ist ein alter freundlicher Herr, mit dem ich in Tirol viel zusammen war und der mich freundlich eingeladen hat, ihn in Wien zu besuchen. Daß aber ein Besuch in der Kaiserstadt anderen Leuten gilt, weißt Du.

Dein

Tübingen, den 30. Nov. 1853. Hugo Mohl.

II.

Lieber Freund!

Es ist mir von Eurem steiermärkischen Verein das Diplom als Ehrenmitglied und eine Reihe von Heften der Verhandlungen zugekommen. Natürlicherweise bist Du der Urheber der Ernennung und ich sollte eigentlich an Dich die Danksagung richten; da ich aber nicht weiß, wer der Vorstand ist, so will ich das offizielle Schreiben an Dich einschließen mit der Bitte, dasselbe an seine Adresse gelangen zu lassen.

Jedenfalls aber danke ich Dir dafür, daß Du mir dadurch Gelegenheit verschafftest, wieder einmal an Dich persönlich zu

[1]) Karl Kellner, dessen Mikroskope sehr gelobt wurden, ist schon drei Jahre später, 1856, gestorben. Sein Nachfolger war Fr. Belthle.

schreiben. Du wirst mich längst wenigstens zu den Halbtoten gerechnet haben, denn es sind neun Jahre vergangen, seitdem ich mich in der »Bot. Zeitung« nicht mehr habe hören lassen. Leider fühle ich, daß ich nicht mehr die frühere Arbeitskraft habe, doch habe ich die Hände nicht ganz in den Schoß gelegt und die nächsten Monate werden wohl ein und den anderen Aufsatz von mir bringen, ich habe wenigstens eines und das andere vorgearbeitet.

Das letzte Jahr war für mich ein schweres. Nicht wegen körperlicher Leiden, sondern weil es ein paar Lücken in den Kreis meiner Bekannten gerissen hat, die mir zum Teil sehr schmerzlich waren. Nun ist auch Martius gestorben! Ich kann zwar nicht sagen, daß ich seine geistige Begabung sehr hoch gehalten habe, oder auch seinen Charakter besonders schätzen zu lernen Gelegenheit gehabt hätte, allein ich persönlich hatte, als ich ein junger Mann war, alle Ursache, ihm vielfach dankbar zu sein, was bei anderen, namentlich dem armen Zuccarini, nicht der Fall war.[1]) —

Soweit hatte ich geschrieben, als ich durch eine mir nicht mehr erinnerliche Veranlassung gehindert wurde, den Brief zu vollenden. Dann blieb er vollends ganz liegen, bis ich durch eine neue Zusendung von Dir an meine Pflicht erinnert wurde. Ich habe mit großem Interesse Deine »Geologie der europäischen Waldbäume“ [2]) gelesen und habe vor allem Deinen Mut bewundert, mit dem Du eine solche diffizile Sache in Angriff genommen hast. Doch hast Du recht gehabt, ein Anfang muß gemacht werden und Du wirst die Richtigkeit des Satzes an Dir erproben: »Wenn ihr euch nur selbst vertraut, vertrauen euch die anderen Seelen.« Es war immer meine Überzeugung, daß vor allem die Paläontologie die Data zur Entscheidung über die Darwinsche Lehre liefern muß, nur hatte ich nicht erwartet, daß ich es noch erleben würde, daß Data, die uns weiter helfen würden, gefunden würden. Das scheint nun aber doch mehr und mehr durch die Untersuchungen der tertiären Floren zu geschehen.

---

[1]) Nach Vollendung seiner medizinischen Studien hielt sich Mohl mehrere Jahre lang in München auf, wo er mit Schrank, Martius, Zuccarini und Steinheil verkehrt hat. (Vgl. de Bary, l. c. pag. 564.)

[2]) »Geologie der europäischen Waldbäume«, Teil I, Mitteilungen des naturw. Vereins für Steiermark, 1869; Teil II, ebenda, 1870. Unger versucht in dieser Arbeit, die Phylogenie der europäischen Laub- und Nadelhölzer festzustellen und namentlich die Abstammung der rezenten Arten von den tertiären klarzulegen.

Ich für meinen Teil gestehe übrigens, daß mir die natural selection keineswegs genügend erscheint, die Veränderungen, welche die organische Natur im Laufe der Zeit erlitten hat, zu erklären; sie allein scheint mir ungenügend zu sein, einen ausreichenden Grund für die im Tier- und Pflanzenreiche parallel fortschreitende Entwicklung zu höheren Organisationsstufen zu liefern. Hier ist die Äußerung eines bestimmten Gesetzes, welches nicht auf Zufall beruhen kann. So lange wir überhaupt von den Kräften, die im lebenden Körper wirken, so gut wie nichts wissen, so können wir uns noch viel weniger eine Vorstellung von dem Grunde einer solchen fortschreitenden Entwicklung und Metamorphose des Ganzen machen.[1])

Mich nimmt nur wunder, daß uns die Theologen so in Ruhe lassen. Sie haben freilich gegenwärtig genug vor ihrer eigenen Tür zu kehren. Namentlich bei uns wird in dieser Beziehung in nächster Zeit unter den Katholiken der Kampf in hellen Flammen ausbrechen und ich erwarte gar nichts anderes, als daß unsere hiesige katholische theologische Fakultät abgeschlachtet wird. An und für sich kann ich als Protestant der Sache ruhig zusehen, allein ich würde es tief bedauern, wenn damit ein für uns sehr notwendiges Bildungszentrum zerstört würde.[2]) Höheren Ortes wird es an der nötigen Einsicht und Energie fehlen, um diesem Treiben entgegenzuwirken. Meine Überzeugung ist aber die, daß trotz Syllabus und allem, was daran hängt, unsere Kultur nicht untergehen wird, wenn sie auch teilweise geschädigt werden wird.

Du kannst von Deinem Tuskulum[3]) aus solchen Kämpfen mit großer Ruhe zusehen und daß Du es auch in voller Gesundheit tun mögest, wünscht Dein

treuer Freund

Tübingen, den 25. April 1869. Hugo Mohl.

---

[1]) Mohl stellt sich hiermit auf denselben Standpunkt, den Unger schon 1852 in seinem »Versuche einer Geschichte der Pflanzenwelt« eingenommen hat. Schon damals, sieben Jahre vor Darwin, hat Unger den Satz ausgesprochen: »Eine Pflanzenart muß aus der anderen hervorgegangen sein.« Dabei erblickt er im Auftreten neuer Typen, wie später Naegeli, die Wirksamkeit einer inneren Entwicklungstendenz.

[2]) Die von Mohl befürchtete Aufhebung der katholisch-theologischen Fakultät zu Tübingen ist bekanntlich unterblieben.

[3]) Unger gab 1868 seine Wiener Professur auf und zog sich nach Graz zurück.

Österreichische Corticieen

von

Franz v. Höhnel und **Viktor Litschauer.**

Eingelangt am 16. Juli 1907.

Wenn schon Pilz-Standortsverzeichnisse im allgemeinen mit Vorsicht betrachtet werden müssen, so gilt dies in ganz besonderem Grade von den *Corticieen*, da diese von den wenigsten Mykologen genügend gekannt sind. Es geht dies nicht nur daraus hervor, daß selbst hervorragende Mykologen wie Schröter (s. Ann. mycol. IV, S. 288) auch häufige Arten verkannt und verwechselt haben, sondern insbesondere aus unseren Revisionen der ausgegebenen käuflichen *Corticieen*-Exsikkaten, welche ergaben, daß der größte Teil derselben falsch bestimmt erscheint.

Nachdem wir uns nun durch mehrjährige Studien der *Corticieen*, denen unter anderen auch eine große Zahl von Original-Exemplaren von Arten zugrunde lagen, die von Bresadola, P. Hennings, Schröter, Karsten, Patouillard, Maire und vielen anderen Autoren aufgestellt wurden, eine eingehende kritische Kenntnis der *Corticieen* verschafft haben, waren wir in der Lage, die von uns in den letzten zehn Jahren in Österreich gesammelten Arten derselben kritisch zu revidieren und ihre Bestimmungen völlig sicher zu stellen.

In der folgenden Arbeit geben wir zunächst eine analytische Übersicht der nunmehr bekannten europäischen *Corticieen*-Gattungen. In dieser Übersicht haben wir auch die Gattung *Tulasnella* (= *Pachysterigma Bref.*) aufgenommen, da die nahe Verwandtschaft derselben mit *Corticium* zweifellos ist und wir nicht der Ansicht Juels sind, der sie in eine eigene Familie stellt. Zwischen den eiförmigen Sterigmen einiger *Tulasnella*-Arten und den pfriemenförmigen von *Corticium* kommen alle Übergänge vor.

Vertreter der Gattungen *Aldrigea*, *Scopuloides* (*Massee* als Sektion von *Peniophora*) und *Hypochnella* haben wir nicht gesehen und daher diese drei Gattungen nur provisorisch in die Tabelle aufgenommen. Sie bedürfen der Revision. *Hypochnella* (1888) unterscheidet sich von *Coniophorella* (1889) nur durch die Färbung der Sporen und dürften daher beide zusammenfallen, da auch bei *Tomentella* (*Hypochnus Karsten*, *Bresadola*) sehr verschieden gefärbte Sporen vorkommen und eine Trennung der Arten nach der Sporenfarbe untunlich ist. Die Gattung *Vuilleminia* ist nach Maires Untersuchungen wohlbegründet und von uns daher beibehalten. Hingegen fällt die Gattung *Prillieuxea* Sacc. et Syd. (*Karstenia Britzelmayr nec Fries*) mit *Tomentella* zusammen.

Bei den einzelnen Arten wurde nur die neuere, vornehmlich von uns selbst festgestellte Synonymie angegeben.

Im ganzen wurden 135 Arten gefunden, von etwa 1000 Standorten. Nachdem eine richtige systematische Anordnung der Arten innerhalb der Gattungen nur unvollständig durchführbar gewesen wäre, wurde die alphabetische Reihenfolge gewählt.

Übersichts-Tabelle der europäischen Corticieen-Gattungen.

I. Sterigmen blasig oder blasig kegelig.

A. Ohne Gloeozystiden . . . . . *Tulasnella Schroeter.*

B. Mit Gloeozystiden . . . . . *Gloeotulasnella v. H. et Lit.*

II. Sterigmen pfriemenförmig.

A. Gewebe mit fester Mittelschicht; Sporen hyalin; Pilz oft hutartig vom Substrate abstehend.

1. Hymenium ohne Zystiden und Setulae . . *Stereum Fries.*
2. Hymenium mit Zystiden . . . . . *Lloydella Bres.*
3. Hymenium mit Setulae . . . . . *Hymenochaete Lév.*

B. Gewebe locker, Pilz meist resupinat.

a) Sporenmembran hyalin.

α) ohne Gewebszotten.

1. Hymenium ohne Zystiden oder Gloeozystiden.

Pilz, wenigstens anfangs, schüssel- oder scheibenförmig . . . . . *Cytidia Quél.*

Pilz immer ausgebreitet.

Pilz unterrindig, Basidien aus dem Grunde hervorkommend, nicht palisadenartig angeordnet . . . . . *Vuilleminia Maire.*

Pilz oberrindig, Basidien palisadenartig angeordnet.
Gewebe mit sparrig verzweigten, spitzendigen Hyphen . . . . . *Asterostromella v. H. et Lit.*
Gewebe normal . . . . . *Corticium Pers.*

2. Hymenium mit Gloeozystiden *Gloeocystidium Karsten.*
3. Hymenium mit Gloeozystiden und Peniophorazystiden . . . . . *Gloeopeniophora v. H. et L.*
4. Hymenium nur mit Peniophorazystiden.
Zystiden einzeln . . . . . *Peniophora Cooke.*
Zystiden gebüschelt . . . . . *Scopuloides Massee.*
5. Hymenium mit Pseudophysen oder Dendrophysen oder mit beiden . . . . *Aleurodiscus Rabenhorst.*

β) mit stachelartigen Gewebszotten.

1. Gewebszotten aus Dendrophysen bestehend . . . . . *Dendrothele v. H. et L.*
2. Gewebszotten aus parallel verwachsenen Hyphen bestehend . . . . . *Epithele Patouill.*

b) Sporenmembran gefärbt.

1. Sporen glatt.
α) Hymenium ohne Zystiden.
Sporen olivengrün, Pilz gallertig . *Aldrigea Massee.*
Sporen gelb bis braun . . . . *Coniophora Fries.*
β) Hymenium mit Zystiden.
Sporen gelb bis braun . . *Coniophorella Karsten.*
Sporen violett . . . . . *Hypochnella Schroeter.*
2. Sporen rauh bis stachelig.
1. mit Zystiden . . . . . *Tomentellina v. H. et L.*
2. ohne Zystiden . . . . . *Tomentella Pers.*

1. **Tulasnella fusco-violacea Bres.** Fung. Trid. II., S. 98.
Auf morschem Weißbuchenholz, Wiener Wald, Pfalzau. Auf Fichtenrinde, Wechsel, Aspanger Klause.

2. **Tulasnella pinicola Bres.** Fung. polonici, S. 114.
Auf morschem Rotbuchenholz, Wiener Wald, Paunzen.

3. **Tulasnella Tulasnei (Pat.) Juel.** Bihang t. Sv. Vet. Akad. Handl. B. XXIII. Afd. III. Nr. 12, S. 21. (*C. roseolum Karsten.*)
Auf morscher Laubholzrinde und morschem Rotbuchenholz am Saagberg bei Unter-Tullnerbach im Wiener Wald.

Auf faulem Laubholz, Wiener Wald, Weg Rekawinkel—Kronstein.
Auf morschem Rotbuchenholz, Wiener Wald, Pfalzau.
Auf morschem Nadelholz, Böhmerwald, Kubany.

4. **Tulasnella violacea** (Joh. Ols.) Juel. Bihang. T. Sv. Vet. Akad. Handl. Bd. XXIII. Nr. 12, S. 22.

Auf morschem Weißbuchenholz und einem morschen Eichenzweig. Wiener Wald: Bieglerhütte und Buchberg bei Neulengbach.

4*a*. **Gloeotulasnella hyalina v. H. et L. n. sp.**
An Tannenrinde, bei Rekawinkel, Juli 1907.

4*b*. **Stereum frustulosum Fr.**
An Eichenholz, Georgenberg bei Purkersdorf, 1907.

5. **Stereum gausapatum Fries.** Elench. Fung I. S. 171. (*St. cristulatum Quél; St. spadiceum Fries non Pers.*)

Nur auf Laubholzstämmen. Nicht häufig.
An Stämmen von *Acer campestre*, Wiener Wald, Hinterbrühl.
An Weißbuchenstümpfen, Wiener Wald, Aggsbachtal bei Kniewald.
An Rotbuchen, Wiener Wald, am Saagberg bei Unter-Tullnerbach.
An Baumstümpfen, Wiener Wald, bei Mauerbach.
An einer morschen, am Boden liegenden Eiche im Lainzer Tiergarten.
An verschiedenen Laubbäumen und Sträuchern bei Aspang und Mariensee, im niederösterreichischen Wechselgebiet.

6. **Stereum hirsutum (Willd.) Pers.**, Syn., S. 572.

Gemein und allgemein verbreitet und nur auf Laubbäumen und Sträuchern (*Carpinus, Fagus, Betula, Corylus, Prunus Laurocerasus* etc.), auch in Formen welche Übergänge zu *St. insignitum Quél.* und *St. ochroleucum Fries* darstellen.

7. **Stereum insignitum Quél.** Jur. et Vosg. XVII Suppl. 6. (*St. hirsutum Willd. var. elegans Bres; St. versicolor Fries; St. versicolor var. illyricum G. d. Beck.*)

Nur auf Laubbäumen, Sträuchern, morschem Holz, nicht häufig. Wiener Wald: Kellerwiese im Deutschen Wald, Georgenberg bei Purkersdorf. Salzburg: bei Alm; Bosnien: bei Jaize, Schedinac; Böhmerwald: Kubany.

8. **Stereum ochroleucum Fries.** (Hym. Eur. S. 639. (*St. ochraceoflavum Fries.*)

Auf Laubholzästen. (*Fagus, Betula* etc.). Selten. Wiener Wald: Saagberg bei Unter-Tullnerbach. Niederösterreich. Wechselgebiet: Hügel bei Aspang. Böhmerwald: Kubany.

8*a*. **Stereum odoratum Fries.**
Auf morschem *Fagus*-Holz, Sattelberg bei Preßbaum, Juli 1907.

9. **Stereum Pini Fries.** Epicrisis. S. 553.

Auf Holz und Rinde von Koniferen. Wiener Wald: Rekawinkel und Preßbaum auf Tannen. Nicht häufig.

10. **Stereum purpureum Pers.** Obs. Myc. II., S. 92.

An verschiedenen Laubbäumen (*Populus, Alnus, Fagus, Carpinus, Tilia, Ailanthus* etc.). Allgemein verbreitet und häufig.

Die Varietät: **lilacinum Pers.** Seltener. Wien: Schönbrunner Park.

11. **Stereum rugosum Pers.** Disp. meth. Fung., S. 30. (*St. sanguinolentum* Kindermann, Österr. bot. Zeitschr. LI. 1901, S. 32.)

Am Grunde alter Laubbäume, morscher Baumstrünke u. dgl. Allgemein verbreitet. Niemals auf Nadelholz. Besonders häufig auf Weißbuchenstrünken.

12. **Stereum sanguinolentum (Alb. et Schw.) Fries.** Epicrisis, S. 549.

Nur an Nadelholzrinde (*Pinus, Abies, Larix* etc.). Allgemein verbreitet.

13. **Stereum (Cystostroma) tuberculosum Fries.** Hym. Eur., S. 644.

An Tannenholz. Selten. Böhmerwald: Kubany.

14. **Lloydella Chailletii (Pers.) Bres.**, in Lloyd, Mycol. Not. Nr. 6., S. 51. (*Trichocarpus ambiguus Karsten.*)

An Rinde und Holz von Nadelbäumen. Nicht selten. Wiener Wald: Preßbaum, Gelber Berg bei Purkersdorf, Pfalzau, Steinbachgraben bei Unter-Tullnerbach. Niederösterreich. Waldviertel: Allensteig. Niederösterreich. Voralpen: Haselrast. Tirol: Hochfilzen, Westendorf, Welsberg.

P. Strasser fand am Sonntagsberge in N.-Ö. auf glatter Ahornrinde eine eigentümliche, abweichende Form mit zylindrischen 6 bis 7=2·5 μ großen Sporen, die von Bresadola zu *Ll. Chailletii* gezogen wurde.

15. **Lloydella fusca (Schrad) Bres.**, in Lloyd, Mycol., Not. Nr. 6., S. 51. (*St. bicolor Fries.*)

An einem Tannenstumpf. Wiener Wald: Pelzergraben bei Heitzawinkel. An morscher Rotbuchenrinde, am Sattelberg bei Preßbaum. Selten.

16. **Lloydella spadicea (Pers.) Bres.**, in Lloyd, Mycol. Not. Nr. 6., S. 51. (*St. venosum Quél; St. retirugum Cooke; Hymenochaete Boltonii Aut. pl. non Fries.*)

An Laubholzstämmen. (*Fagus, Quercus* etc.). Wiener Wald: Unter-Tullnerbach, Rekawinkel. Sehr selten.

17. **Lloydella striata (Schrad.) Bres.** in Lloyd, Mycol., Not. Nr. 6., S. 51. (*Chaetocarpus glaucescens Karsten.*)

Auf morschem Nadelholz. Nicht häufig. Niederösterreich, Schneeberggebiet: Payerbach. Ober-Steiermark: Pfaffenschneide ober dem Fröschnitzgraben. Niederösterreich. Waldviertel: Dürrenberg bei Melon. Böhmerwald: Kubany.

18. **Lloydella subpileata (B. et C.) v. H. et L.** Sacc. Syll. VI., S. 585. (*L. insignis Bres.; Hymenochaete tjibodensis P. Henn.*)

An alten Baumstrünken. (*Quercus* etc.). Selten. Wiener Wald: Wurzbachtal, Mauer.

19. **Hymenochaete cinnamomea (Pers.) Bres.** Hym. Kmet., S 46. (*Hymenochaetella laxa Karsten?; Hypochnus fulvescens Sacc.*)

Selten. An morschem Weißbuchenholz. Wiener Wald: Pfalzau. An Zweigen von *Prunus avium* bei Puchberg am Schneeberg.

20. **Hymenochaete ferruginea (Bull.) Bres.** Hym. Kmet., S. 45. (*Stereum rubiginosum Fries.*)

An morschen Laubholzstämmen. Nicht gemein. Wiener Wald: Wurzbachtal, Wassergespreng, Kaufberg bei Laab, Rehgrabenberg, Pfalzau, ... Niederösterreich. Schneeberggebiet: Kuhsteig, Krummbachgraben. Görz: Panowitzer Wald.

21. **Hymenochaete fuliginosa (Pers.) Bres. non Lév.** Fung. polonici, S 93. (*Hymenochaetella fusca Karsten.*)

An morschem oder noch festem nackten Nadelholz. Nicht selten. Wiener Wald: bei Pfalzau, im Saubachtal bei Preßbaum. Niederösterreich, Schneeberggebiet: Kuhsteig, Krummbachgraben. Böhmerwald: Kubany.

22. **Hymenochaete Mougeotii (Fries) Cooke.** Grevillea VIII., S. 147.

Auf Nadelholzrinde. Niederösterreich Wechselgebiet: bei Mönichkirchen. Böhmerwald: Kubany. Selten.

23. **Hymenochaete tabacina (Sow.) Lév.** Ann. Sc. Nat. 1846 S 152.

An Ästen von Laubbäumen (*Populus, Fagus* etc). Wiener Wald: Wurzbachtal. Prater: Donauauen. Selten.

24. **Cytidia flocculenta (Fries.) v. H. et L.** Sitzungsberichte d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien, Mathem.-naturw. Kl, Bd. CXVI., Abt. I. (*Lomatina flocculenta (Fries) Lagerheim; Corticium flocculentum Fries.*)

An Weiden und Pappelzweigen. Tulln: Langen-Schönbichler Auen. Prater bei Wien. Scheint im Wiener Wald zu fehlen.

25. **Corticium albo-cremeum v. H. et L. nov. sp.** Pilz ausgebreitet, von reinweißer bis fast crêmegelber Farbe; dünnhäutig, dem Substrate fest anliegend; Rand mehlig, krümmelig oder fast gleichartig; Hymenium geschlossen, glatt, frisch wachsartig, trocken nicht zerrissen. Basidien zylindrisch bis keulenförmig, 5—7 μ breit; Sterigmen 4, pfriemenförmig, etwas gebogen, 5—7 μ lang. Sporen breit oval oder fast kugelig, nach unten stets etwas zugespitzt, 7—10 μ lang, 5—6·5 μ breit, meist aber 7·5 μ groß, farblos: Membran zart, glatt, Inhalt mit 1 oder mehreren Öltröpfchen. Subhymeniales Gewebe des

Pilzes ganz dicht mit Kristallen von oxalsaurem Kalk erfüllt; basales Gewebe beinahe kristallfrei. Hyphen. sehr unregelmäßig, 8—12 μ dick, kurzgliedrig, die einzelnen Glieder oft tonnenförmig erweitert, zartwandig, glatt, schwach gelblich gefärbt, mit Schnallen an den Septen.

Auf feuchtliegendem Tannenholz. Am Sparbach bei Neuweg. Wiener Wald. 14. VII. 1902 leg. v. Höhnel.

Diese Art ist dem Aussehen nach der *Peniophora subcremea v. H. et L.* äußerst ähnlich. Die fast runden Sporen des Pilzes, ferner die breiten Hyphen desselben, vor allem aber die kristallhaltige subhymeniale Schicht und das Fehlen der Zystiden lassen jedoch eine Verwechslung mit derselben ausgeschlossen erscheinen.

26. **Corticium Aluta Bres. in Herb.** (*teste Bresadola.*) (*Stereum Alneum Bres. (non Fries)* Hym. Kmet., S. 44. *Corticium portentosum Berk.? C. grammicum P. Henn.; C. diminuens (Berk. et Curt.); C. effuscatum Curt. et Ell.*).

Auf der Rinde einer Schwarzpappel in der Hauptallee des Wiener Praters. (Steril.). Sehr selten.

Ein mehrjähriges, dickes, deutlich geschichtetes *Stereum*-artiges Exemplar auf einem alten *Corylus*-Stock bei Gams in Obersteiermark. Steril.

27. **Corticium alutaceum (Schrad.) Bres.** Hym. Kmet., S. 46. (*C. radiosum Fries; C. pellicula Karsten; C. pelliculare Karsten.*)

Auf morschem Laub- und Nadelholz. Im Wiener Wald sehr verbreitet, oft weit ausgedehnte Überzüge bildend.

28. **Corticium atrovirens Fries.** Epicrisis, S. 562. (*Hypochnus chalybeus Schroeter (an Pers?), Corticium caerulescens Karst.*)

An morscher, feucht liegender Laubholzrinde und auf humusreichem Boden. Wiener Wald: Dombachtal bei Purkersdorf und bei Rekawinkel. Selten.

29. **Corticium bombycinum (Sommerf.) Bres.** Hym. Kmet., S. 47. (*C. granulatum Bon. sensu Karsten; C. oosporum Karsten; C. serum Fries non Pers.*)

Auf morscher Laubholzrinde und morschem Eichenholz. Selten. Wiener Wald: Wolfersberg bei Hütteldorf, Wurzbachtal.

30. **Corticium botryosum Bres.** Ann mycol. I. Fung. polonici, S. 99.

An morscher Nadelholz-, hauptsächlich Tannenrinde. Nicht häufig. Wiener Wald: Wilhelmshöhe, Au am Kraking, Rekawinkel, Großer Stiefelberg. Niederösterreich. Schneeberggebiet: Krummbachleithen.

31. **Corticium byssinum (Karst.) Massee.** Monogr. of the Theleph. II, S. 133.

Auf morschem Laub- und Nadelholz. Selten. Wiener Wald: Saagberg. Niederösterreich. Schneeberggebiet: Puchberg.

32. **Corticium centrifugum** (Lév.) **Bres.** Fung. polonici, S. 96. (*C. arachnoideum Berk.; Tomentella fugax Karsten in sched.; Fusisporium Kühnii Fckl.; Sclerotium lichenicolum Svends.*)

An lebenden, flechtenbewachsenen Laubholzstämmen. Flechtenschmarotzer. Häufig, oft steril Wiener Wald: Hütteldorf, Hinterbrühl—Eichberg. Prater bei Wien. Tulln: Langen-Schönbichler Auen.

33. **Corticium confluens Fries.** Epicrisis, S. 546. (*C. caesio-album Karsten; C. padineum Karsten; Xerocarpus levissimus Karsten; C. gilvescens Bres.; C. tephroleucum Bres.*)

Auf Rinde und Holz verschiedener Laub- und Nadelbäume. Häufig. Wiener Wald: Hainbachtal, Saubachtal bei Preßbaum, Vorderer Sattelberg bei Preßbaum, Heitzawinkel, Sauerbrunnleithen bei Rekawinkel. Laxenburg: Park. Tulln: Langen-Schönbichler Au. Botanischer Garten in Wien: Auf *Caragana arborescens.* Hof der Technik in Wien: Auf *Ligustrum vulgare.* Ober-Steiermark: Am Stuhleck.

34. **Corticium coronatum** (Schroeter) **v. H. et L.** Sitzungsberichte d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien, Mathem.-naturw. Kl, Bd. CXV., Abt. I., S. 1586. (*Corticium pruinatum Bres.*)

An Rinde und Holz, morschen Zweigen und Ästen von Laub- und Nadelbäumen. Nicht selten. Wiener Wald: Haltertal bei Hütteldorf, Saubachtal bei Preßbaum, Großer Steinbachgraben bei Purkersdorf, Sattelberg bei Preßbaum, Rekawinkel, Viehoferinwald bei Preßbaum. Böhmerwald: Kubany.

35. **Corticium Coronilla v. H. et L.** in Annales Myc., vol. IV., 1906, S. 291.

Auf Eichen- und Schwarzföhrenholz. Sehr selten. Wiener Wald: Mödling, Jakobsquelle bei Kaltenleutgeben.

36. **Corticium cremeo-album v. H. et L.** nov sp. Pilz ausgebreitet; zarte feinkrümmelige bis dünnhäutige, 60—80 μ dicke, dem Substrate fest anliegende Überzüge von reinweißer bis fast crêmegelber Farbe bildend. Rand mehlig, dann ganz allmählich verlaufend oder fast gleichartig, nie faserig. Hymenium geschlossen, glatt, frisch fast wachsartig, trocken nicht zerrissen. Basidien dickkeulenförmig, 6—9 μ breit; Sterigmen 4, pfriemenförmig, gebogen, 7—9 μ lang. Sporen fast zylindrisch, an beiden Enden breit abgerundet, gegen die Basis zu etwas verschmälert, hier mit feinem seitlichen Spitzchen, 10—14 μ lang, 5·5 bis

6·5 μ breit. Membran zart, glatt, farblos. Inhalt stets mit einem oder wenigen Öltropfen. Subhymeniales und basales Gewebe sehr dünn; Hyphen unregelmäßig, zartwandig, glatt, farblos, 4—6 μ dick, mit spärlichen Schnallen an den Septen.

Auf morschem Nadelholz. Am Sattelberg bei Preßbaum im Wiener Wald. 2. X. 1901 leg. v. Höhnel.

Der Pilz ist dem Aussehen nach dem *Corticium albo-cremeum v. H. et L.* und dem *Glococystidium praetermissum (Karsten) Bres.* äußerst ähnlich. Von ersterer Art ist er jedoch leicht durch die zarteren Hyphen und die größeren, mehr länglichen, niemals fast kugeligen Sporen zu unterscheiden. Mit letzterer Art kann er bei mikroskopischer Untersuchung wegen der fehlenden Gloeozystiden nicht verwechselt werden.

37. **Corticium croceum (Kze.) Bres.** Hym. Kmet, S. 48. (*C. sulphureum Fries.*)

An Tannenholz und Rinde. Selten. Wiener Wald: Viehoferinwald bei Preßbaum.

37*a*. **Corticium decipiens v. H. et L. n. sp.**

Auf morschem Kirschbaumholz. Georgenberg bei Purkersdorf, Juli 1907.

38. **Corticium flavescens (Bon.) sensu Fckl.** in Symb. Myc. App. I., S. 291.

Auf morschem Holz und morscher Rinde. Selten. Wiener Wald: Vorderer Sattelberg bei Preßbaum, Großer Steinbachgraben bei Purkersdorf, bei Rekawinkel.

39. **Corticium geogenium Bres. forma lignicola v. H. et L.** Bresadola, Fungi polonici, S. 98.

Auf einem Stück morschen Weidenholzes. Sehr selten. Tulln: Langen-Schönbichler Au.

40. **Corticium incrustans v. H. et L.** Sitzungsberichte d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien, Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXV., Abt. I., S. 1602.

An morschem Rotbuchenholz, auch Moose inkrustierend. Bosnien: Jaize, Schedinactal.

41. **Corticium lacteum Fries.** Epicrisis, S. 560. (*C. calotrichum Bres.*; *C. tuberculatum Karsten*; *C. Letendrei Karsten.*)

An Holz und Rinde von Laub- und Nadelbäumen. Verbreitet. Wiener Wald: Weidlingau, Greifenstein, Saagberg bei Unter-Tullnerbach, Rehgrabenberg bei Purkersdorf, Wassergespreng bei Mödling, Rekawinkel, Preßbaum, Pfalzau, Lainzer Tiergarten, Eisernes Tor. Niederösterreich. Wechselgebiet: Aspang. Tulln: Langen-Schönbichler Au.

42. **Corticium laeve Pers.** Disp. S. 30. *Corticium evolvens Fries; Thelephora intermedia Desm.; Thelephora laxa Pers.*)

An Holz und Rinde von Laub- und Nadelbäumen. Verbreitet. Wiener Wald: Sophienalpe bei Neuwaldegg, Kleiner Pfalzberg bei Preßbaum, Au am Kraking, Buchberg bei Wurzbachtal usw. Niederösterreich. Schneeberggebiet: Puchberg. Bosnien: Jaize. Herzegowina: Jablaniza. Tulln: Langen-Schönbichler Au. Donau-Au bei Aspern.

43. **Corticium minutissimum v. H. et L. n. sp.** Pilz stets sehr kleine länglich rundliche oder unregelmäßig begrenzte, bis 2·5 *mm* lange und bis 1·5 *mm* breite, dünnhäutige, selten flach gewölbte, dem Substrate fest angewachsene Fruchtkörper bildend; Rand gleichartig, stets scharf; Hymenium geschlossen, glatt, von schmutzig gelbgrauer Färbung, stets aber mit einem deutlichen Stich ins grünliche. Basidien keulenförmig, 8— 12 μ breit; Sterigmen meist 2, selten 1 oder 3 (4 niemals beobachtet), walzig oder spitz kegelförmig, gerade, selten etwas gebogen, 8—12 μ lang, an der Basis 2—4 μ dick; Sporen eiförmig bis fast kugelig, 10—16 μ lang, 8—12 μ breit; Membran zart, farblos, glatt; Inhalt gleichmäßig oder feinkörnig; Hyphen undeutlich, sehr unregelmäßig, 3—5 μ dick, zartwandig, farblos und glatt. Schnallen nicht gesehen. Pilz mit Kalkoxalat schwach inkrustiert.

An der Rinde verschiedener Laubbäume (*Acer, Ulmus*). Im Prater bei Wien häufig.

Eine durch ihre kleinen Fruchtkörper und ihre stets etwas ins grünliche spielende Färbung sehr charakteristische Art, welche, was die Struktur betrifft, am nächsten mit *Corticium commixtum v. H. et L.* verwandt ist, sich von dieser Art aber auch durch die größeren, mehr rundlichen Sporen unterscheidet. Der Pilz, welcher wohl auch sonst nicht selten sein dürfte, wurde bisher wahrscheinlich stets für junges unentwickeltes *Aleurodiscus acerinus* (*Pers.*) *v. H. et L.* gehalten.

44. **Corticium mucidum (Schroeter) v. H. et L.** Annal. Mycol., vol. IV, 1906, S. 288.

Auf morschem Laubholz. Selten. Wiener Wald: Gelber Berg bei Purkersdorf-Kellerwiese.

45. **Corticium niveo-cremeum n. sp.**

Auf morschem Eichen- und Rotbuchenholz. Selten. Wiener Wald: Wassergespreng bei Mödling, Saagberg bei Unter-Tullnerbach.

46. **Corticium ochroleucum Bres.** Fung. Trid. II, S. 58.

Auf morschem Laub- und Nadelholz. Selten. Wiener Wald: Großer Steinbachgraben bei Unter-Tullnerbach, Großer Stiefelberg bei Preßbaum. Niederösterreich. Voralpen: Schacherwald auf der Reisalpe.

47. **Corticium roseum Pers.** Disp., S. 31. (*Xerocarpus polygonioides Karsten.*)

Auf verschiedenen Laubholzzweigen (*Salix*, *Rosa* etc.) dann an der Rinde eines lebenden Apfelbaumes, an Stengeln von *Artemisia vulgaris* usw. Wiener Wald: Heitzawinkel, Wurzbachtal. Prater bei Wien. Bosnien: Jaize. Dalmatien: Selenika. Ober-Steiermark: Gams. Tulln: Schönbichler-Donau-Au.

48. **Corticium serum Pers.** Syn., S. 580. (*C. Sambuci Fries. C. sphaerincolum Karsten; C. niveum Bres.*)

Auf morschem Laubholz, vornehmlich auf Ästen von *Sambucus*. Verbreitet. Wiener Wald: Hainbachtal, Haltertal, Bieglerhütte, Sauerbrunnleithen—Pelzergraben, Knödlhütte, Wurzbachtal, Wolfersberg-Kolbeter. Prater bei Wien. Botanischer Garten und Schwarzenberggarten in Wien. Tulln: Langen-Schönbichler Au. Laxenburg: Park. Niederösterreich. Schneeberggebiet: Wiesberg bei Puchberg.

48 *a*. **Corticium sphaerosporum (R. Maire) v. H. et L.**

Auf morschem Holz (Fagus). Am Sattelberg bei Preßbaum und bei Rekawinkel. Juli 1907.

49. **Corticium subcoronatum v. H. et L.** in Sitzungberichte d. k. Akademie d. Wissensch. in Wien, Mathem.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. CXVI (*C. Greschikii Sydow, M. march. 4105.*)

Auf morschem Nadelholz. Wiener Wald: Heitzawinkel, Rekawinkel. Niederösterreich. Wechselgebiet: Aspang. Niederösterreich. Schneeberggebiet: Puchberg.

50. **Corticium submutabile v. H. et L.** Sitzungsberichte d. k. Akad. d. Wissensch in Wien, Mathem.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. CXVI.

Auf morschem Rotbuchenholz. Wiener Wald: Pfalzau.

51. **Corticium sulphurellum v. H. et L. nov. sp.** Pilz ausgebreitet; sehr zarte, dünnhäutige, dem Substrate festanliegende, am Rande gleichartige bis allmählich verlaufende, schwefelgelbe bis schwach grünliche Überzüge bildend; Hymenium glatt, geschlossen. Basidien keulenförmig, 5—7 μ breit; Sterigmen 4, pfriemenförmig, gerade, 4—5 μ lang; Sporen kugelig, farblos, zartwandig, glatt, 3—4 μ im Durchmesser habend; Inhalt stets mit einem deutlichen Öltropfen; Hyphen undeutlich, sehr unregelmäßig,

dünnwandig, farblos, glatt, 3—5 μ dick, mit Schnallen an den Scheidewänden.

Am Holze und auf der Rinde morscher Eichen-, Weißbuchen- und *Fagus*-Äste. Niederösterreich: Rehgrabenberg bei Purkersdorf im Wiener Wald. VIII. 1900. Kolbeter, Hadersdorf, 6. VII. 1902 v. Höhnel. Haltertal, 22. VI. 1902 v. Höhnel. Niederösterreich. Wechselgebiet: Tal von Aspang nach Mariensee. 19. VIII. 1902 v. Höhnel.

52. **Corticium tomentelloides v. H. et L.** in Sitzungsberichte d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien, Mathem.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. CXVI.

Auf Laubholzrinde. Wiener Wald: Dombachtal bei Purkersdorf.

53. **Corticium viride Bres.** Österr. bot. Ztg. 1904. W. 12; Sitzb. Wnr. Ak., Math.-nat. Kl., Bd. CXVI (1907).

An am Boden liegender Weidenrinde. Tulln: Langen-Schönbichler Au.

54. **Vuilleminia commedens (Nees) Maire.** Bull. d. l. Soc. Myc. XVIII, fasc. IV., S. 81. (*C. nigrescens Schrad.*?)

An Laubholzästen und Stämmen. Nicht selten an *Quercus*, seltener auf *Alnus*, *Carpinus*. Wiener Wald: Wurzbachtal, Preßbaum etc. Niederösterreich. Waldviertel: Allensteig. Tulln: Langen-Schönbichler Au.

55. **Gloeocystidium argillaceum (Bres.) v. H. et L.** Fung. Trid. II., S. 63. (*Peniophora argillacea Bres.* = *Kneiffia argillacea Bres.*)

Auf morschem Laubholz. Selten. Wiener Wald: Großer Steinbachgraben bei Unter-Tullnerbach, Rehgrabenberg bei Purkersdorf, Pfalzau.

Diese Art ist frisch schön rosa bis fast morgenrot gefärbt. Bei Berührung wird sie an der gedrückten Stelle ockergelb bis orange. Bresadola, der den Pilz als bräunlichgelb beschreibt, hat offenbar nur alte Exemplare in der Hand gehabt. Im Gewebe dieses Pilzes findet man, zwischen den Hyphen eingebettet, gelbe Klümpchen eines Körpers von ölig-harziger Natur. Größere tropfenförmige Massen desselben sitzen auf den Zystiden oder erfüllen stellenweise dieselben. Der Pilz ist daher richtig als ein *Gloeocystidium* anzusehen. Die Zystiden des Pilzes sind nicht, wie Bresadola in der Diagnose desselben angibt, zugespitzt, sondern im Gegenteil meist zylindrisch und stumpf oder seltener stumpf kegelförmig, wie die genauere Untersuchung des Originalexemplares und der von v. Höhnel gesammelten Exemplare des Pilzes ergeben haben.

Der in Rede stehenden Art sehr ähnlich ist das *Gloeocystidium pallidum* (*Bres.*) v. H. et L.

Auch im Gewebe dieses Pilzes kann man bekanntlich (siehe

dazu: v. Höhnel und Litschauer, Beiträge zur Kenntnis der Corticieen, in Sitzungsberichte d. k. Akad. der Wissensch. in Wien, Math.-naturw. Kl., Bd. CXVI. Abt., I. 1907) zahlreiche rundliche, allerdings mehr rotbräunliche Klümpchen beobachten. Diese sind hier jedoch gegen verdünnte Milchsäure, beziehungsweise verdünnte Lauge sehr resistent; sie lösen sich nicht und werden bei Einwirkung dieser Reagenzien nur etwas heller gefärbt.

Die Sporen von *Gloeocystidium pallidum* (*Bres.*) v. H. et L. (9—10 : 3·5 – 4·5 μ) stimmen in der Form mit jenen von *Peniophora argillacea Bres.* überein; sie sind bei letzterer jedoch etwas länger (10 – 13 : 3—4·5 μ). Der vollständige Mangel von vorstehenden Zystiden bei ersterer Art schließt eine Verwechslung beider Pilze aus. In die Verwandtschaft dieser zwei Arten gehört auch *Peniophora carneola Bres.*, die vielleicht auch ein *Gloeocystidium* ist.

56. **Gloeocystidium clavuligerum v. H. et L.** in Sitzungsberichte d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien, Mathem.-naturw. Kl., Abt. I., Bd. CXVI, S. 1603. *Peniophora clavigera Bres.* scheint ein ähnlicher Pilz zu sein.

Auf faulenden Ästen von *Populus tremula*. Wiener Wald: Kolbeter bei Weidlingau. Auf Tannenrinde bei Rekawinkel 1907.

57. **Gloeocystidium coroniferum v. H. et L.** in Sitzungsberichte d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien, Mathem.-naturw. Kl., Abt. I., Bd. CXVI.

Auf morschem Holz und morscher Rinde von *Abies excelsa*. Wiener Wald: Bartberg bei Preßbaum.

58. **Gloeocystidium furfuraceum (Bres.) v. H. et L.** Bres. Fung. Trid. II., S. 97. Fung. polonici, S. 107; Saccardo, Syll. XVI S. 196. (= *Hypochnus furfuraceus Bres.* l. c.)

Auf morschem Holz und morscher Rinde von Nadelbäumen. Wiener Wald: Viehoferinwald bei Preßbaum. Niederösterreich. Wechselgebiet: Hügel bei Aspang.

Die Sporen dieser Art sind, wie das Originalexemplar zeigt, nicht echinulat, sondern nur etwas rauh, fein punktiert. Die Zystiden sind nicht septiert, sondern zylindrische oder schwach keulige mit gelblichem Inhalte versehene *Gloeocystiden*.

59. **Gloeocystidium lactescens (Berk.) v. H. et L.** in Sitzungsberichte der k. Akad. d. Wissensch. in Wien, Mathem.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. CXVI.

An morschem Weidenholz. Selten. Wiener Wald: Haltertal bei Hütteldorf. Prater bei Wien. Tulln: Langen-Schönbichler Au.

60. **Gloeocystidium leucoxanthum (Bres.)** v. H. et L. in Sitzungsberichte der k. Akad. d. Wissensch. in Wien, Mathem.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. CXVI.

An einem morschen Tannenast. Wiener Wald: bei Preßbaum.

61. **Gloeocystidium luridum (Bres.)** v. H. & L. in Sitzungsberichte d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien, Mathem.-naturw. Kl., Abt. I, Bd. CXVI.

Auf morschem Rotbuchenholz. Wiener Wald: Viehoferinwald.

62. **Gloeocystidium oleosum** v. H. et L. Sitz. Wnr. Akad., Math.-naturw. Kl., Bd. CXVI.

An morschem Föhrenholz. Wiener Wald: Hagenbachklamm bei St. Andrä-Wördern, Großer Steinbachgraben bei Unter-Tullnerbach, Rekawinkel.

62*a*. **Gloeocystidium pallidum (Bres.)** v. H. et L.

Auf Nadelholz, bei Rekawinkel, August 1907.

63. **Gloeocystidium polygonium (Pers.)** v. H. et L. Pers. Disp., S. 30. (*C. polygonium Pers.; Cryptochaete polygonia (Pers.) Karsten.*)

Nur auf Ästen und Zweigen von *Populus sp.* Nicht selten. Wiener Wald: Beerwartberg. Preßbaum, Rekawinkel usw. Niederösterreich. Wechselgebiet: Aspang, St. Corona. Niederösterreich. Waldviertel: Allensteig.

Das Gewebe dieser Art enthält nach Romell, Bot. Not. 1895, S. 70, und Karsten, Krit. Övs. S. 407, eigentümliche rundliche bis ovale blasenartige Schläuche; diese sind aber, wie die Untersuchung frischer Exemplare lehrte, nichts anderes als eine Art *Gloeocystiden.*

64. **Gloeocystidium praetermissum (Karsten)** v. H. et L. Sitz. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXV, S. 1565. (*Corticium pertenue Karsten, Gloeocystidium guttuliferum Karsten. C. myxosporum Bres. non Karsten.*)

Auf morschem Holz von *Alnus, Fraxinus, Carpinus, Fagus, Quercus, Pinus, Abies* etc. Allgemein verbreitet. Wiener Wald: Wassergespreng, Glaskogel, Saagberg, Steinbachgraben Großer Stiefelberg, Pfalzau, Gelber Berg bei Weidlingau, Deutscher Wald bei Kellerwiese, Rehgrabenberg bei Gablitz, Sanbachtal, Wurzbachtal, Dombachgraben bei Purkersdorf etc. Niederösterreich. Wechselgebiet: Hügel bei Aspang. Niederösterreich. Schneeberggebiet: Puchberg, Krummbachgraben. Niederösterreich. Voralpen: Steinapiesting, Gutenstein Reisalpe. Niederösterreich. Waldviertel: Allensteig. Laxenburg: Park, Prater bei Wien. Salzburg: Stubachtal.

65. **Gloeocystidium stramineum Bres.** Brinkmann, Westfälische Pilze Nr. 18.

An morschem Laub- und Nadelholz (von *Fagus, Carpinus, Quercus, Abies* etc.). Verbreitet. Wiener Wald: Pannzen, Pfalzau, Sauerbrunnleithen, Großer

Stiefelberg, Preßbaum, Georgenberg bei Purkersdorf, Speichberg bei Purkersdorf, Sattelberg bei Preßbaum etc. Niederösterreich. Schneeberggebiet: Krummbachleithen. Salzburg: Stubachthal.

66. **Gloeocystidium tenue (Pat.) v. H. et L.** Pat. Rev. Myc. 1885, S. 152. (*Corticium tenue Pat.*)

An morschem Holz und morscher Rinde von Laub- und Nadelbäumen. Nicht selten. Wiener Wald: Heitzawinkel, Pfalzau, Saagberg bei Unter-Tullnerbach, Sattelberg bei Preßbaum, Gelber Berg, Glaskogel, Saubachtal etc. Niederösterreich. Voralpen: Altenmarkt a. d. Triesting.

Junge frische Exemplare zeigen deutliche Gloeozystiden, die später leer werden und dann meist auf der Spitze eine Oxalatdruse tragen.

67. **Gloeopeniophora incarnata (Pers.) v. H. et L.** Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXVI. (*Corticium incarnatum (Pers.) Fr., Peniophora aemulans Karsten.*)

Auf Holz und Rinde von Laub- und Nadelbäumen, Sträuchern usw. Ganz allgemein verbreitet.

68. **Peniophora Aegerita (Hoffm.) v. H. et L.** Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXVI. (*Corticium lacteum Fuckel nec Pers.*)

An morschen, feuchtliegenden Holzstücken (*Fagus, Salix, Alnus*) in Wäldern. Die *Aegerita candida*-Form sehr häufig, die *Peniophora*-Form sehr selten. Die letztere wurde von uns nur einmal bei Pfalzau im Wiener Wald gefunden und von Fuckel bei Östrich am Rhein.

69. **Peniophora aurantiaca (Bres.) v. H. et L.** Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXVI, S. 1583.

Mit Sicherheit nur auf *Alnus*-Zweigen, besonders auf *Alnus viridis*. Nicht häufig. Alpin. Niederösterreich. Wechselgebiet: Hügel bei Mönichkirchen, Aspang. Ober-Steiermark: Schöneben bei Mürzzuschlag, Knittelfeld. Kärnten: Hüttenberg. Tirol: Tumpen im Ötztal, Vahrn bei Brixen.

70. **Peniophora byssoidea (Pers.) v. H. et L.** Annales Mycol. vol. IV, 1906, S. 290. (*Hypochnus setosus Schroeter, Hypochnus muscorum Schroeter, Kneiffia tomentella Bres. Coniophorella byssoidea (Pers.) Bres.; Tomentella obducens Karsten.*)

Auf morschem Holz, morscher Rinde von Laub- und Nadelbäumen, trockenen Blättern, Humus usw. Nicht häufig. Wiener Wald: Saagberg—Steinbachgraben. Niederösterreich. Wechselgebiet: Hügel bei Aspang. Tirol Hochfilzen. Böhmerwald: Kubany.

71. **Peniophora carneola (Bres.) v. H. et L.** (*Kneiffia carneola Bres.*)

An Nadelholz. (*Pinus, Abies.*) Wiener Wald: Vorderer Sattelberg bei Preßbaum, Rekawinkel.

Diese Art ist am nächsten dem *Gloeocystidium argillaceum (Bres.)*, Fung. Trid. II, S. 63, t. 173., f. 1 verwandt. So wie bei dieser findet man auch bei ihr im Gewebe des Pilzes eingebettet zwischen den Hyphen oder an den Zystiden haftend, gelbe bis gelbbraune Massen eines Körpers von ölig-harziger Natur, welche in verdünnter Milchsäure und Kalilauge größtenteils löslich sind. Auch stimmen beide Pilze, was Form und Größe der Zystiden und Basidien betrifft, wie der Vergleich der Originalexemplare ergab, fast vollkommen überein. Ein gleiches gilt betreffs der Beschaffenheit, Dicke und Verzweigungsart der Hyphen. Ein wesentlicher Unterschied beider Arten besteht nur in der Form und Größe der Sporen. Dieselben sind bei *Gloeocystidium argillaceum* zylindrisch, gekrümmt, zartwandig, glatt, immer farblos und 10—13 : 3—4·5 μ groß; bei *Peniophora carneola (Bres.)* dagegen mehr oder weniger oval, an einer Seite abgeflacht, zum Teil fast mandelförmig, ebenfalls zartwandig und glatt, aber nur anfangs farblos, später dagegen mit schwach gelblichem Inhalt und endlich nur 6—8 μ lang und 3·5—4·5 μ breit. *Peniophora carneola* ist daher vielleicht auch ein *Gloeocystidium*, was aber nur ganz frische Exemplare lehren könnten.

72. **Peniophora chaetophora** (v. H. et L.) Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXVI (1907). (*Hypochnus chaetophorus*) v. Höhnel.)

Auf morschem Nadelholz. Niederösterreich. Schneeberggebiet: Krummbachleithen.

73. **Peniophora chordalis v. H. et L.** Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXVI, S. 1598.

Auf morscher Rinde (*Pinus?*). In der großen Klause bei Aspang in Niederösterreich. Wiener Wald: Georgenberg bei Purkersdorf. Bei diesem Exemplar fehlen die fertilen Hyphenstränge, sonst stimmt es völlig mit dem Original überein.

74. **Peniophora cinerea (Fries) Cooke**, Grev. VIII, S. 20. (*Xylolobus tumulosus Karsten.*)

An Holz und Rinde von Laub- und Nadelbäumen. Sehr häufig in vielen Formen. Wiener Wald: Rekawinkel, Vorderer Sattelberg bei Preßbaum, Flösselberg bei Kaltenleutgeben, Rehgrabenberg bei Purkersdorf, Zigeunersteig bei Purkersdorf, Preßbaum—Lawies, Viehoferinwald bei Preßbaum, Beerwarthberg, Unter-Tullnerbach, Wilhelmshöhe—Au am Kraking, Mödling, Schöffelwarte etc. Niederösterreich. Wechselgebiet: Aspang, Großes Piestingtal. Prater bei Wien. Tulln: Langen-Schönbichler Au. Mähren: Eisleithen bei Hardegg. Salzburg: Schneideralm, Stubachtal. Bosnien: Jaize a. d. Pliwa. Dalmatien: Selenika, Bocche. Herzegowina: Jablanitza.

75. **Peniophora coccinea v. H. et L. nov. sp.** Pilz Holz und Rinde karminrot färbend, anfangs unter dem Periderm, später durch Rindenrisse hervortretend; Hymenium des Pilzes sich nur an Rißstellen entwickelnd; Mycel in Rinde und Holz weit ausgebreitet, hyalin oder rosa, sehr zart und undeutlich. Fruchtkörper unscharf begrenzte, kleine, zarte, mehlige bis dünnhäutige, am Rande allmählich verlaufende, hell karminfarbige Flecken bildend; Hymenium geschlossen, anfangs rötlich, dann rötlich grau bestäubt, aus Basidien und Zystiden bestehend; Basidien schmal, bauchig, fast phiolenförmig, bis 14 μ lang, 3·5—5 μ dick; Sterigmen 2 (bis 4 ?), pfriemenförmig, gerade, 2 μ lang. Zystiden lang und schmal kegelförmig, mit stumpfer Spitze, dünnwandig, glatt, farblos, 8—17 μ lang, 3—5 μ dick, meist sehr weit über das Hymenium des Pilzes hervorragend. Sporen stäbchen- oder meist keilförmig, farblos, zartwandig, glatt, 3—5 μ lang, 1—1·5 μ breit, beidendig stumpf; Inhalt homogen; Hyphen undeutlich, farblos bis schwach rosa, glatt, 2—3 μ dick; Schnallen nicht gesehen.

An Zweigen von *Fagus silvatica*. Böhmerwald: Kubany im Urwald.

76. **Peniophora corticalis (Bull.) Cooke.** Grev. VIII., S. 20. (*Corticium quercinum* (*Pers.*) *Fries.*)

Häufig auf Zweigen und Ästen verschiedener Laubbäume, besonders von *Quercus*. Wiener Wald: Hainbachtal, Wurzbachtal, Sparbacher Tiergarten, Gelber Berg, Bürgerspitalwald, Gießhübel—Wassergespreng usw.

77. **Peniophora cremea (Bres.) v. H. et L.** Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXV, S. 1586.

An morschem Laub- und Nadelholz. Nicht selten. Wiener Wald: Großer Steinbachgraben bei Unter-Tullnerbach, Kellerwiese und Deutscher Wald, Beerwarthberg, Glaskogel, Rekawinkel, Haltertal bei Hütteldorf, Niederösterreich. Voralpen: Rohr—Roßbachklamm, Wiesenbachtal—Reisalpe, Stuhleck. Niederösterreich. Schneeberggebiet: Weichtalgraben, Krummbachleithen. Tulln: Langen-Schönbichler Au.

78. **Peniophora crystallina v. H. et L.** Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXVI.

An morschem Laubholz. (*Acer*, *Fagus*, *Alnus* etc.) Der Pilz ist im Wiener Wald häufig: Großer Stiefelberg, Bihaberg bei Preßbaum, Sattelberg bei Preßbaum, Großer Steinbachgraben bei Unter-Tullnerbach, Glaskogel, Speichberg bei Purkersdorf. Niederösterreich. Schneeberggebiet: Krummbachleithen. Salzburg: Stubachtal.

Dickere Formen dieses für gewöhnlich äußerst zarten Pilzes, sind oft *Odontia*-artig entwickelt.

79. **Peniophora gigantea (Fries) Massee.** Monogr. of the Theleph. I, S. 142.

An Nadelholzstümpfen, hauptsächlich von Föhren. Nicht selten. Wiener Wald: Mauer. Niederösterreich. Schneeberggebiet: Krummbachleithen. Niederösterreich. Waldviertel: Allensteig, Schrems. Niederösterreich. Wechselgebiet: Mönichkirchen. Tulln: Langen-Schönbichler Au.

80. **Peniophora glebulosa (Fries) Sacc. et Syd.** Saccardo, Syll. XVI, S. 195. (*Peniophora gracillima E. et Ev.*)

Auf morschem Holz und Rinden von Laub- und Nadelbäumen. Nicht häufig. Wiener Wald: Rekawinkel—Kronstein, Purkersdorf. Niederösterreich. Schneeberggebiet: Krummbachleithen.

81. **Peniophora laevis (Fries) v. H. et L. f.** Bres., Fung. polonici, S. 99. (*Kneiffia laevis (Fries.) Bres.; C. calotrichum Karsten.*)

Auf morschem Laub- und Nadelholz. Nicht häufig. Wiener Wald: Bihaberg bei Preßbaum, Brentenmaistal, Rehgrabenberg bei Purkersdorf, Großer Stiefelberg, Glaskogel, Großer Steinbachgraben bei Unter-Tullnerbach, Sauerbrunnleithen—Pelzergraben. Niederösterreich. Wechselgebiet: Hügel bei Aspang. Niederösterreich. Schneeberggebiet: Krummbachleithen.

82. **Peniophora longispora (Pat.) v. H.** Annales Myc. III, 1905, S. 325.

Auf morscher Rinde, faulendem Holz, Ästen, trockenen Pflanzenstengeln, Blättern u. dergl. Nicht selten. Wiener Wald: Glaskogel, Haltertal—Bieglerhütte, Pfalzau, Preßbaum, Große Einöd bei Baden, Großer Stiefelberg, Eichberg bei Purkersdorf, Sparbacher Tiergarten, Pelzergraben bei Heitzawinkel, Sauerbrunnleithen bei Rekawinkel, Großer Steinbachgraben bei Unter-Tullnerbach. Niederösterreich. Voralpen: Wiesenbachtal (Reisalpe). Tulln: Langen-Schönbichler Donauau.

Ist häufig äußerst zart, spinnwebig und kaum sichtbar. Gut entwickelt bildet sie oft weit ausgedehnte, reinweiße dünne, weichfleischig-häutige Überzüge, die bei Verletzung gelb werden.

83. **Peniophora Lycii (Pers.) v. H. et L.** (*Peniophora caesia Bres., Corticium ramosissimum* Pass. *C. Bupleuri R.; Thelephora Friesii Grognot; C. Passerinii Sacc.*)

Auf morschem Laubholz. Prater bei Wien. Dalmatien: Cattaro. Herzegowina: Jablanitza.

84. **Peniophora mutata (Peck.) v. H. et L.** Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXV, S. 1580.

An Ästen und Zweigen von Laubbäumen und Sträuchern (*Tilia, Salix, Rhamnus* etc.). Wien: Park von Schönbrunn. Tulln: Langen-Schönbichler Au.

85. **Peniophora nuda (Fries) Bres.** Hym. Kmet., S. 50. (*Peniophora Syringae Karst.*; *Peniophora violaceo-livida Massee*; *Corticium mutabile Karst. in sched.*)

Auf Rinde, Holz, Ästen und Zweigen verschiedener Laubbäume. (*Tilia, Fagus, Carpinus, Quercus, Aesculus, Corylus, Prunus*). Nicht selten. Wiener Wald: Vorderer Sattelberg bei Preßbaum, Wassergespreng bei Mödling, Wurzbachtal, Gelber Berg bei Kellerwiese, Hohe Wand bei Hainbach. Niederösterreich. Wechselgebiet: Aspang. Istrien: Pola. Herzegowina: Jablanitza Tirol: Bruneck.

86. **Peniophora poloniensis (Bres.) v. H. et. L.** Annales Myc. vol. IV (1906), S. 292. (*Hypochnus paraphysatus Schroeter in sched.*)

Auf morschen Laubholzstücken. (*Fagus, Carpinus.*) Selten. Wiener Wald: Buchberg, Mauerbach, Wurzbachtal.

87. **Peniophora pubera (Fries) Saccardo,** Syll. VI, S. 646. (*Peniophora puberula (Karsten) Sacc.; P. flavido-alba Cke.*)

Auf morschem Holz von Laub- und Nadelbäumen. Nicht selten. Wiener Wald: Wurzbachtal, Sattelberg bei Preßbaum, Anninger bei Mödling, Sophienalpe. Wien: Prater, Botanischer Garten. Niederösterreich. Wechselgebiet: Aspang. Dalmatien: Selenika.

88. **Peniophora purpurea (C. et M.) v. H. et L.** Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXVI. (*Lloydella scabriseta (Cke.) v. H. et L.?*)

Auf morschem Laubholz. Selten. Wiener Wald: Sattelberg bei Preßbaum.

89. **Peniophora Molleriana (Bres.) Sacc.** 1891, Fl. myc. lusit. S. 7. (*Corticium Roumeguèrii Bres.*)

Auf morschem Föhrenholz. Selten. Niederösterreich. Schneeberggebiet: Puchberg, Hauslitzsattel.

90. **Peniophora sanguinea (Fries) v. H. et L.** (*C. glabrum Berk. et Curt.*)

Auf Föhrenästen. Selten. Wiener Wald: Tafelberg bei Weidling. (Steril.)

91. **Peniophora serialis (Fries) v. H. et L.** Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXVI. (*C. Martianum Berk. et Curt.?*)

Auf morschem Tannenholz Selten. Wiener Wald: Ober-Aggsbachtal bei Kniewald.

92. **Peniophora setigera (Fries) v. H. et L.** Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXV, S. 1555. (*C. myxosporum Karsten non Bres. F. pol.*; *C. Chusqueae Pat.*; *P. trachytricha Ell. et Ev.*)

An Holz und Rinde verschiedener Laubbäume. Nicht selten. Wiener Wald: Kolbeter, Hainbach, Glaskogel, Wurzbachtal, Pfalzau, Preßbaum, Wolfers-

berg bei Hütteldorf, Großer Steinbachgraben bei Unter-Tullnerbach. Niederösterreich. Wechselgebiet: Aspang, am Wechsel. Niederösterreich. Schneeberggebiet: Krummbachleithen, Hauslitzsattel bei Puchberg.

93. **Peniophora sordidella** v. H. et L. Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXVI, S. 1605. (*Peniophora sordida* (*Schroeter*) *v. H. et L., Hypochnus sordidus Schroeter.*)

Auf morschem Eichen- und Tannenholz. Selten. Wiener Wald: Schöffelwarte, Rekawinkel.

94. **Peniophora sphaerospora** v. H. et L. Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXV, S. 1600.

Auf nackter, lehmiger Erde. Wiener Wald: Pfalzberg bei Preßbaum.

95. **Peniophora subalutacea (Karst.)** v. H. et L. Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXV, S. 1560.

Auf morschem Rotbuchenholz. Wiener Wald: Großer Steinbachgraben bei Unter-Tullnerbach.

96. **Peniophora subtilis (Schroeter)** v. H. et L. Annales Mycol. vol. IV, 1906, S. 290.

An morscher Laubholzrinde. Wiener Wald: Sauerbrunnleithen—Pelzergraben. Rekawinkel, Sattelberg bei Preßbaum.

97. **Peniophora velutina (D. C.)** v. H. et L. Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXV, S. 1553. (*C. decolorans Karst.*; *Xerocarpus alneum Karsten; Peniophora Karstenii Massee*: *Corticium Eichlerianum Bres.*)

Auf Holz und Rinde von Laub- und Nadelbäumen. Nicht gerade selten. Wiener Wald: Gelber Berg bei Kellerwiese, Saagberg bei Unter-Tullnerbach, Rekawinkel, Wassergespreng bei Mödling, Glaskogel, Ober-Aggsbachtal bei Kniewald, Sattelberg bei Preßbaum. Wien: Lainzer Tiergarten.

98. **Aleurodiscus amorphus (Pers.) Rabenh.** Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXVI.

An Stämmen und Zweigen von Tannen und Fichten. Allgemein verbreitet. Wiener Wald: Pelzergraben bei Heitzawinkel, Schöffelwarte, Preßbaum, Rekawinkel. Böhmerwald: Kubany.

99. **Aleurodiscus acerinus (Pers.)** v. H. et L. Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXVI. (*Stereum platani Roumeguère.*)

An der Rinde, selten auch am Holze vornehmlich von *Acer campestre*, *Acer platanoides*, *Ulmus*, *Salix*-Arten u. a. m. Allgemein verbreitet.

100. **Aleurodiscus aurantius (Pers.) Schroeter.** Die Pilze Schlesiens, S. 429. (*Thelephora Rubi Libert.*)

An Zweigen von Rosa- und Rubusarten. Selten. Wiener Wald: Schöffelwarte.

101. **Aleurodiscus disciformis (D. C.) Pat.** Bull. de la Soc. Mycol. 1894, X, S. 80.

An der dicken Borke von Eichen. Allgemein verbreitet. Wiener Wald: Wurzbachtal, Wolfsgraben, Sattelberg bei Preßbaum, Weidlingau, Knödlhütte, Kiental, Anninger bei Mödling.

102. **Aleurodiscus griseo-canus (Bres.) v. H. et L.** Bres. Fung. Trid. II., S. 58. Die Stellung dieser Art bei *Aleurodiscus* ist nicht sichergestellt.

Auf Holz und Rinde von *Punica Granatum*. Selten. Dalmatien: Cattaro. (Steril.)

103. **Dendrothele papillosa v. H. et L.** Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXVI.

An der Rinde verschiedener lebender Laubbäume. Nicht selten im Prater bei Wien.

Diese Art wurde wahrscheinlich bisher mit *Aleurodiscus acerinus Pers.*) v. H. et L. verwechselt.

104. **Coniophora arida Fries.** Hym. Europ., S. 659. (*Tomentella brunnea Schroeter*; *Coniophora lurida Karsten*; *Coniophora subcinnamomea Karsten.*)

Auf morschem Föhrenholz. Wiener Wald: Kirchberggraben, Anninger bei Mödling. Niederösterreich. Wechselgebiet: Aspang.

105. **Coniophora cerebella (Pers.) Schroeter.** Die Pilze Schlesiens, S. 430. (*C. puteana Fries.*)

An Rinde und Holz verschiedener Laub- und Nadelbäume. (*Quercus, Alnus, Prunus, Pinus, Abies.*) Nicht selten. Wiener Wald: Vorderer Sattelberg bei Preßbaum, Haltertal bei Hütteldorf, Kiental, Anninger bei Mödling. Wien: Garten auf der Türkenschanze.

106. **Coniophora eradians Fries.** Hym. Eur., S. 658.

An einem alten Birnbaumstock. Wiener Wald: Mauerbach.

107. **Coniophorella olivacea (Fries) Karsten.** Finl. Basidsv., S. 438. (*Coniophora atrocinerea Karsten*; *Coniophora leucothrix Berk. et Curt.*)

An Laub- und Nadelholz. Selten. Wiener Wald: Ober-Rohrbach. Tirol: Sterzing.

108. **Tomentellina ferruginosa** v. H. et L. Sitzb. Wiener Akad. Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXV, S. 1604.

Auf einem vermorschten Tannenstamm. Wiener Wald: Pelzergraben bei Heitzawinkel.

109. **Tomentella arachnoidea (B. et Br.)** v. H. et L. Bres. Fung. polon., S. 108. (*Hypochnus spongiosus Schw. Burt.*)

An morschen Aststücken von *Rhamnus Frangula*, an morscher Rinde und morschem Holz von verschiedenen Laubbäumen. Wiener Wald: Saagberg bei Unter-Tullnerbach, Sauerbrunnleithen—Pelzergraben.

110. **Tomentella araneosa** v. H. et L Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXVI.

An morschem Föhrenholz. Wiener Wald: Sattelberg bei Preßbaum.

111. **Tomentella atrovirens** (Bres.) v. H. et L. Bres. Hym. Kmet., S. 52.

An morschem Weißbuchenholz. Wiener Wald: ?

112. **Tomentella Bresadolae (Brinkm.)** v. H. et L. Bres., Fung. polon., S. 108.

An morschen Eichenästen. Wien: Lainzer Tiergarten.

113. **Tomentella coerulea (Bres.)** v. H. et L. Bres., Fung. polon., S. 109.

Auf nackter Erde. Wiener Wald: Wurzbachtal.

114. **Tomentella chalybea (Pers.)** v. H. et L. Bres. Fung. polon., S. 106.

Auf nackter Erde und Pappelrinde. Wien: Prater.

115. **Tomentella cinerascens (Karsten)** v. H. et L. Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXV, S. 1570. (*Hypochnus capnoides Bres. Tomentella asterigma R. Maire.*)

Auf morschem Holz und morscher Rinde von Laub- und Nadelbäumen. Wiener Wald: Sattelberg bei Preßbaum, Rekawinkel—Kronstein. Tirol: Westendorf.

116. **Tomentella crustacea (Schum.)** v. H. et L. f. Bres., Fung. polon., S. 106.

Auf nackter Erde, Moosen, trockenen Stengeln, morscher Rinde, morschem Holz u. dergl. Nicht selten. Wiener Wald: Sparbacher Tiergarten, Neuwaldegg, Wurzbachtal, Vorderer Sattelberg bei Preßbaum, Großer Stiefelberg, Gelber Berg. Niederösterreich. Waldviertel: Allensteig.

117. **Tomentella elaeodes (Bres.) v. H. et L.** Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXVI. (*Hypochnus fulvo-cinctus Bres.*)

Auf morscher Erlenrinde. Tulln: Langen-Schönbichler Donauau.

118. **Tomentella ferruginea (Pers.) Schroeter.** Die Pilze Schlesiens, S. 419. (*Hypochnus obscuratus Karsten pr. p.*)

Auf morschem Holz und morscher Rinde. Wiener Wald: Saagberg, Steinbachgraben, Sauerbrunnleithen—Pelzergraben. Tirol: Hochfilzen, Westendorf.

119. **Tomentella fusca (Pers.) v. H. et L.** Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXV, S. 1571. (*Hypochnus obscuratus Karsten pr. p.*)

Auf morscher Rinde und morschem Holz von Laub- und Nadelbäumen. Nicht selten. Wiener Wald: Kolbeter bei Hadersdorf, Kaltenleutgeben, Eichberg—Wassergespreng, Rekawinkel, Gelber Berg bei Kellerwiese, Beerwarthberg, Sattelberg bei Preßbaum, Pelzergraben, Saagberg—Steinbachgraben, Großer Stiefelberg, Glaskogel. Niederösterreich. Voralpen: Altenmarkt an der Triesting. Salzburg: Stubachtal.

120. **Tomentella isabellina. (Fries.) v. H. et L.** Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXV, S. 1570. (*Hypochnus argillaceus Karsten; Zygodesmus pannosus B. et C.; Odontia tenerrima Wettst.*)

An Rinde und Holz von *Pinus sp.* Wiener Wald: Vorderer Sattelberg bei Preßbaum.

121. **Tomentella macrospora v. H. et L.** Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXV, S. 1602.

Auf bloßer Erde. Wiener Wald: Wurzbachtal—Buchberg, Sattelberg bei Preßbaum.

122. **Tomentella microspora (Karsten) v. H. et L.** Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXV, S. 1571.

Auf faulendem *Polyporus.* Wiener Wald: Preßbaum—Wilhelmshöhe.

123. **Tomentella nigra v. H. et L. nov. sp.** Pilz ausgebreitete schwarzblauviolette, filzige, am Rande gleichartige, nicht radialfaserige Überzüge bildend, auf welchen stellenweise das allmählich verlaufende schmutzig weißliche bis graue dünnhäutige, mehlig bestäubte Hymenium entwickelt ist; Basidien keulenförmig oder unregelmäßig keulenförmig, 40—50 μ lang, bis 12 μ breit, mit reichlichem, stark glänzendem Inhalt; Sterigmen 4, pfriemenförmig gebogen, 8—9 μ lang, an der Basis 2 μ breit;

Sporen kugelig oder fast kugelig, grobwarzig bis kurz stachelig, lange farblos bleibend, schließlich tintenblau werdend, 10·5 μ im Durchmesser habend, stets mit großem Öltropfen im Inhalt; basale Hyphen wenig verzweigt, tintenblau, 2—3 μ dick, etwas dickwandig, fast glatt, spärlich septiert, ohne Schnallen. Subhymeniale Hyphen etwas dicker und farblos oder fast farblos.

Auf Humus und Föhrenmoder. Niederösterreich: Mödlinger Klause. Von Höhnel.

Eine sehr schöne Art, die kaum mit einer anderen *Tomentella* zu verwechseln ist; an den schön tintenblauen Hyphen und farblosen bis blauen, meist grobwarzigen Sporen leicht zu erkennen.

Das *Rhacodium nigrum* (*Link.*) siehe Saccardo, Syll. XIV, S. 1189, dürfte wahrscheinlich nichts anderes als der sterile Hyphenfilz dieser *Tomentella* sein.

124. **Tomentella pellicula (Fries.) v. H. et L.** Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXVI. (*C. echinosporum Ell.*)

Auf morschem Laubholz. Wiener Wald: Sattelberg bei Preßbaum.

125. **Tomentella punicea (Alb. et Schw.) Schroeter.** Die Pilze Schlesiens, S. 420. (*Thelephora* (*Tomentella*) *lateritia Pat.*)

Auf morschem Holz. Wiener Wald: Sattelberg bei Preßbaum.

126. **Tomentella punicea (Alb. et Schw.) Schroeter var. bolaris Bres.** Fung. polon., S. 107.

Auf einem am Boden liegenden Nadelholzstück. Niederösterreich. Waldviertel: Allensteig.

127. **Tomentella rhodophaea v. H. et L.** Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXVI.

Auf morschem Pappelholz. Wiener Wald: Sattelberg bei Preßbaum.

128. **Tomentella rubiginosa (Bres.) v. H. et L.** Bres., Hym. Kmet., S. 52.

Auf morschem Laub- und Nadelholz. Wiener Wald: Pfalzau, Saagberg—Steinbachgraben, Sauerbrunnleithen—Pelzergraben, Wurzbachtal, Rekawinkel.

129. **Tomentella sulphurea (Pers.) Karsten.** Finnl. Basidsv, S. 160. (*Phlebia? vaga* (*Fries.*) *Bres.*)

Auf morscher Rinde und morschem Holz von Laub- und Nadelbäumen. Wiener Wald: Bihaberg bei Preßbaum, Großer Steinbachgraben bei Unter-Tullnerbach.

130. **Tomentella tristis** (Karsten) v. H. et L. Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXVI, S. 1572. (*Hypochnopsis fuscatus Karsten*; *Hypochnus sitnensis Bres.*)

Auf morschem Holz. Wiener Wald: Sattelberg bei Preßbaum.

131. **Tomentella zygodesmoides** (Ell.) v. H. et L. Sitzb. Wiener Akad., Mathem.-naturw. Kl., Bd. CXVI. (*Hypochnus tabacinus Bres.*)

An morscher Rinde von Laub- und Nadelbäumen. Wiener Wald: Gelber Berg bei Weidlingau, Sattelberg bei Preßbaum. Dalmatien: Zelenika bei Castelnuovo, Bocche.

Über ein eigentümliches Vorkommen von Kieselkörpern in der Epidermis und den Bau des Blattes von Callisia repens

von

M. Möbius (Frankfurt a. M.).

Eingelangt am 22. Juli 1907.

Mit Tafel II und 2 Figuren im Text.

Die aus dem tropischen Amerika stammende Commelinacee *Callisia repens L.* findet sich häufig in unseren Gewächshäusern. Sie hat einen sehr ähnlichen Habitus wie *Tradescantia repens hort.* (= *T. fluminensis Arrab.*), unterscheidet sich aber, abgesehen von dem anderen Blütenbau, worauf der systematische Unterschied zwischen den Gattungen *Callisia* und *Tradescantia* beruht, sogleich durch die nicht glänzenden, mattgrünen Blätter, die sich wie der feinste Sammt anfühlen und dadurch eine dichte Behaarung verraten. Sprossen von der üppig wuchernden Pflanze hatte ich zu meinen Untersuchungen über momentane Kältewirkung verwendet und dabei hatte ich das Blatt auch anatomisch untersucht. Ich war erstaunt über den eigentümlichen Bau, den die Epidermis dieses Blattes zeigt, und nahm darauf eine genauere Untersuchung vor, deren Ergebnis vielleicht gewürdigt werden dürfte, an dieser Stelle publiziert zu werden, als ein Beitrag zur Ehrung des bedeutenden Physiologen und Anatomen, der es selbst nicht verschmäht hat, über solche Einzelheiten histologische Untersuchungen anzustellen.

Das ausgewachsene Blatt von *Callisia repens* zeigt im Querschnitt (Fig. I.) auffallend große Epidermiszellen, besonders auf der Oberseite, auf der die Epidermis stellenweise sogar dicker ist als das ganze, meistens aus vier Lagen bestehende Mesophyll, während die Epidermis der Unterseite kaum halb so dick wie die der Oberseite ist. Die Haare kommen in zwei Formen vor: die in über-

wiegender Menge vorhandenen bestehen aus zwei Zellen, und die untere, kegel- oder glockenförmige Zelle sitzt nicht einer großen Epidermiszelle auf, sondern fügt sich zwischen zwei aneinanderstoßende Zellen ein; sie trägt auf ihrem gewölbten Scheitel das eigentliche, etwa 1·5 *mm* lange Haar, das eine mäßig dicke Wand besitzt und in eine scharfe Spitze ausläuft. Diese Verhältnisse sowie die Lage der Zellkerne in den beiden Haarzellen ergeben sich aus der nebenstehenden Textfigur und Fig. 15

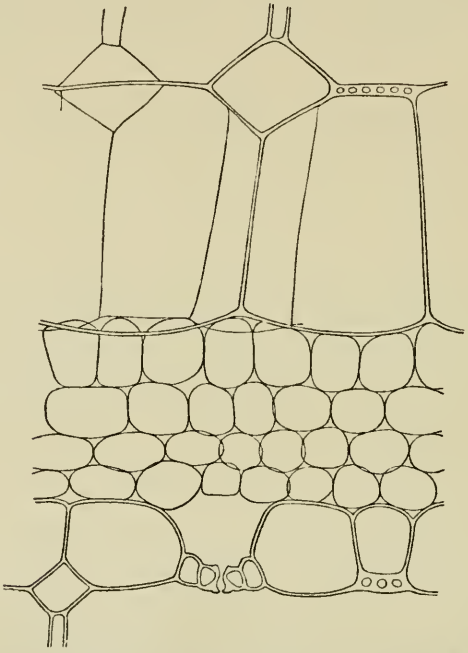


Fig. I. Querschnitt durch das Blatt von *Callisia repens.*

der Tafel. Zwischen diesen dicht stehenden Haaren treten vereinzelt andere auf, die aus einer kurzen Basalzelle und zwei langgestreckten Zellen bestehen, am Ende aber nicht zugespitzt sind. Ferner fällt dem Beobachter auf, daß bei manchen Epidermiszellen die äußeren Membranen besonders stark verdickt zu sein und in kleinen Hohlräumen runde, stachelige Körperchen zu enthalten scheinen: die Erklärung dieses Bildes wird uns später beschäftigen. Die Unterseite zeigt wesentlich dasselbe Aussehen, nur sind die Epidermiszellen, wie schon erwähnt, hier niedriger, sie enthalten auch teilweise prismatische Kristalle und Kristallkonglomerate von

oxalsaurem Kalk. Außerdem treten hier Spaltöffnungen auf, die der Oberseite ganz fehlen. Die Schließzellen der Spaltöffnungen sind, ebenso wie bei *Tradescantia*, von vier Nebenzellen umgeben, die bedeutend niedriger als die anderen Epidermiszellen sind, die Schließzellen selbst ragen etwas über das Niveau der Epidermis vor, wie es in Fig. I. zu sehen ist. Der Rand des Blattes ist dadurch ausgezeichnet, daß hier die Epidermiszellen viel niedriger sind und daß die Haare so angeordnet sind, daß zwei Haarleisten

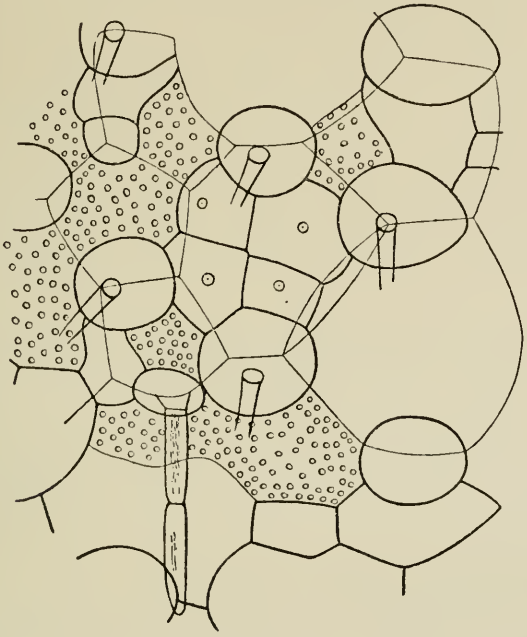


Fig. II. Ein Stück Epidermis von der Oberseite des Blattes von *Callisia repens*.

entstehen, die eine schräg nach oben, die andere schräg nach unten gerichtet. Das Mesophyll besteht am Rande nicht aus Parenchymzellen mit Chlorophyll, sondern seine Stelle nimmt ein Sklenchymstrang mit sehr dickwandigen Zellen ein.

Von der Fläche gesehen (Fig. II) haben die Epidermiszellen auf beiden Seiten des Blattes polygonale Gestalt und verschiedene Größe und sind nicht in Reihen angeordnet. An der Oberseite treten an Stelle einer großen Epidermiszelle manchmal zwei bis vier kleinere auf, man erkennt aber, daß sie durch Teilung aus einem oberen Abschnitt einer Epidermiszelle von gewöhnlicher Größe entstanden

sind, deren unterer Abschnitt ungeteilt unter dem Komplex der kleineren Zellen wahrnehmbar ist. Die Fußzellen der Haare erscheinen von oben gesehen fast kreisförmig und ihre Mitte liegt über dem Punkte, wo drei oder vier Epidermiszellen zusammenstoßen. Außerdem sieht man nun, daß regellos zwischen Epidermiszellen mit glatten Wänden solche mit punktierten Wänden verteilt sind, d. h. solche, in deren äußeren Membranen runde Körperchen eingelagert scheinen, was schon bei der Betrachtung des Querschnittes bemerkt wurde. Bei stärkerer Vergrößerung sehen wir, daß die Räume, in denen die runden Körperchen liegen, durch Kanäle miteinander in Verbindung stehen (Fig. 7). Gewöhnlich gehen diese Kanäle von einer zentralen Höhlung allseitig nach den Rändern aus und erweitern sich stellenweise zur Aufnahme der runden Körperchen; manchmal ist nicht ein einheitliches Kanalsystem vorhanden, sondern neben einem größeren treten noch abgeschlossene kleinere auf. Es galt nun vor allen Dingen, die chemische Natur jener Inhaltskörper und die Entstehung des Kanalsystems zu ermitteln.

Was den ersteren Punkt betrifft, so zeigt es sich, daß sie weder von Säuren, Flußsäure ausgenommen, noch Alkalien, weder von Alkohol noch von Ölen oder einem der sonst angewandten organischen Lösungsmittel aufgelöst werden, auch nicht bei längerer Einwirkung oder Erwärmung. Von Flußsäure dagegen werden sie aufgelöst, und zwar schon nach kurzer Anwendung. Daraus ist also zu schließen, daß sie aus Kieselsäure oder einer anderen Siliciumverbindung bestehen, und ihre Feuerbeständigkeit beim Glühen der Schnitte bestätigt die Annahme, daß wir es hier mit sogenannten Kieselkörpern zu tun haben. Die größten und am besten ausgebildeten haben kugelige Gestalt und eine rauhe, etwas stachelige Oberfläche (Fig. 8), wodurch sie an kleine Drusen von Kalkoxalat erinnern.[1]) Die größeren messen 3—4 μ im Durchmesser, viele sind auch kleiner und manche sind aus 2, 3, oder 4 zusammengesetzt, ähnlich den zusammengesetzten Stärkekörnern. Das Vorkommen von Kieselkörpern, noch dazu in Epidermiszellen, kann schon als eine auffallende Erscheinung betrachtet werden. Noch eigentümlicher aber ist die Art ihrer Einlagerung und die Entwicklung der sie enthaltenden Zellen. Das Studium der Ent-

[1]) Ihrer äußeren Form nach gleichen sie am meisten den Kieselkörpern von *Thrinax elegans* in den Stegmaten, wie sie Kohl in Fig. 52 auf Taf. VII seines Buches über Kalksalze und Kieselsäure abbildet.

wicklungsgeschichte nämlich ergibt, daß sie nicht in der verdickten Außenmembran der Epidermiszellen liegen, sondern in flachen Zellen, die von dem oberen Ende der Epidermiszellen abgetrennt werden, wie jene kleinen Zellen, die uns bereits bei der Betrachtung des Flächenschnittes aufgefallen sind.

Wenn wir die Entwicklung des Blattes auf Querschnitten durch die Endknospe untersuchen, in der die Blätter ineinandergerollt sind, so sehen wir zwischen der Epidermis der Ober- und Unterseite vier ziemlich gleichartige Schichten des Mesophylls. Im jüngsten Zustande sind die Epidermiszellen der Oberseite alle gleich, doppelt so hoch wie breit, und zwar etwa so hoch wie die darunterliegende Mesophyllschicht (Fig. 1). Im nächsten Stadium wölben sich viele Epidermiszellen nach außen vor, diese papillenartige Vorwölbung wird durch eine Wand abgegliedert und gibt die Anlage des Haares, dessen Entwicklung aber besser auf Längsschnitten untersucht wird. Ferner sieht man natürlich in der Epidermis der Unterseite die Spaltöffnungen entstehen. In dem Stadium, in dem die Mutterzelle der Schließzellen noch nicht geteilt ist, treten in einzelnen Epidermiszellen, die keine Haaranlagen tragen, auf der Ober- und Unterseite perikline Wände auf, durch die ein kleines oberes Stück von einem viel größeren unteren abgeschnitten wird. Es hat dann den Anschein, als ob die obere kleinere Zelle durch antikline Wände geteilt würde und in diesen kleinen Zellen die Kieselkörperchen abgelagert würden. Wie es sich aber in Wirklichkeit verhält, kann uns nur die Oberflächenansicht lehren, die allerdings bei so jungen Blättern sehr schwer zu erhalten sein würde. Hier kommt uns nun der Umstand zu Hilfe, daß die Stammepidermis ebensolche Zellen mit Kieselkörpern besitzt, und wir vom Stamm größere Epidermisstücke in jungem Zustand leicht gewinnen können, wenn wir uns an den Teil des jungen Internodiums halten, der noch von der Blattscheide umschlossen ist. Ein Flächenschnitt vom Stengel an der Grenze der Blattscheide zeigt uns auf einer 1—2 *mm* langen Strecke die ganze Entwicklung der Kieselzellen in denkbar schönster Weise, nachdem wir vorher festgestellt haben, daß diese Kieselzellen durch perikline Wände oben von den Epidermiszellen abgetrennt sind. Zuerst werden kleine Körnchen sichtbar (Fig. 2). Während sie an Zahl zunehmen, rücken sie mehr an die Peripherie der Zelle, in deren Mitte der große Zellkern liegt. Nun bilden sich Membranfalten vom Rande der Zelle her zwischen den Kieselkörpern, in ähnlicher Weise wie in den

Epidermiszellen gewisser Blumenblätter, und wie dort, so sind hier an der Stelle, wo die Falte ins Zellinnere vorspringt, die Wände etwas eingeknickt (Fig. 3). Die Falten durchsetzen, wie wir schon auf dem Querschnitte gesehen haben, die ganze Höhe der niedrigen, oberen Epidermiszelle. Sie bestehen anfangs aus Zellulose, wie die Reaktion mit Chlorzinkjod ergibt, später aber tritt eine Art Verschleimung ein: sie werden von Chlorzinkjod nicht mehr blau gefärbt, wohl aber von wässeriger Anilinblaulösung. In noch älterem Zustande sieht man, daß die Membranfalten innen aus einer schwächer lichtbrechenden Substanz bestehen und außen von einem stärker lichtbrechenden Häutchen überzogen sind. Es wachsen also die anfänglich kleinen Zellulosezapfen nach dem Innern zu, sich gleichzeitig an ihren vorderen Enden verbreiternd, so daß sie die Kieselkörper isolieren und mehr oder weniger umschließen; dadurch macht es den Eindruck, als ob eine dickflüssige Masse sich vom Rande her zwischen die Räume, in denen die Kieselkörper liegen, ergieße und diese Räume gewissermaßen umfließe (Fig. 4 und 5). Unterdessen kann aber offenbar auch die Zahl der Kieselkörper vermehrt werden, ihre Zahl wird besonders in den breiten Blattzellen sehr groß und in den Kanälen, die von den unvollkommenen Trennungswänden eingefaßt werden, liegen sie manchmal reihenweise hintereinander, in der Mitte aber bleibt häufig ein größerer Raum, in dem mehrere Körperchen liegen (Fig. 7). Der Zellkern geht unterdessen zugrunde, wenigstens ist es mir nicht gelungen, ihn in älteren Kieselzellen nachzuweisen. Doch bleibt in den Kanälen, wo sie breiter sind, stellenweise noch ein plasmatischer Inhalt zurück, manchmal auch eine homogene, mit Jod sich bräunlich färbende Masse. Trocknen die Schnitte aus, so füllen sich die Kanäle älterer Kieselzellen mit Luft, die aus ihnen durch Alkohol wieder verdrängt werden kann. Hinzuzufügen ist noch, daß die von gegenüberliegenden Stellen entspringenden Membranleisten beim Weiterwachstum aufeinandertreffen und verschmelzen können, wie man in Fig. 6 sieht, und daß dadurch dann die Zelle in mehrere Räume, resp. Kanalsysteme getrennt wird. Eigentümlich sieht es bei der Ansicht von oben aus, daß die Kieselkörper noch über die Grenzen der anstoßenden Zellen hinwegzugehen scheinen, was sich bei der Querschnittansicht dadurch erklärt, daß solche Kieselzellen außen breiter als innen sind, also einen niedrigen, umgekehrten Kegelstumpf darstellen (Fig. 9). Fassen wir nun noch einmal kurz die Entwicklung der Kieselzellen zu-

sammen, so ergibt sich folgendes: Die Epidermiszellen beginnen frühzeitig sich senkrecht zur Oberfläche zu strecken, so daß sie doppelt so hoch wie breit werden. Von einigen dieser Zellen wird ein oberer, flacher Teil durch eine perikline Wand abgegrenzt und dieses Stück wird zur Kieselzelle. In ihr entstehen kleine, dann größer werdende Körnchen aus Kieselsäure, zwischen diesen bilden sich von der Membran aus Leisten ins Innere der Zelle, und so entsteht ein Kanalsystem, in dessen Kanälen die Kieselkörper liegen.

Ganz ähnlich wie die Kieselzellen werden von den großen Epidermiszellen obere Stücke abgeschnitten, die gewöhnlich durch eine oder mehrere antikline Wände geteilt werden, aber keine besonderen Inhaltstoffe führen. Während also die Entwicklung dieser schon oben erwähnten Zellen höchst einfach ist, muß noch einiges über die Entwicklung der Haare nachgetragen werden. Diese bilden sich, wie in den meisten Fällen, so auch hier sehr frühzeitig aus und stehen an den jungen Organen außerordentlich dicht. Die langen Haare müssen sich dabei an den dicht ineinandergerollten, jüngeren Blättern oder auf den von der Blattscheide umhüllten Internodien der Oberfläche nach oben zu anlegen und dies geschieht durch eine Krümmung in der Basalzelle des Haares. Man untersucht deswegen die Entwicklung der Haare am besten auf Längschnitten durch die Endknospe. Man sieht dann, daß die die Anlage des Haares bildende, papillenförmige Vorwölbung der Epidermiszelle nicht in der Mitte der Zelle, sondern an ihrem akroskopen Rande entsteht und sich gleich vom Anfang an nach oben wendet (Fig. 10). Darauf wird sie durch eine schräg von der äußeren Wand nach der akroskopen Querwand der Epidermiszelle verlaufende Wand abgegrenzt, wie Fig. 10 zeigt, die Wände bilden also hier einen auffallend spitzen Winkel. Die Papille wächst nun schräg nach oben weiter und es entsteht die zweite Wand, die die Basalzelle von dem eigentlichen Haar abgrenzt (Fig. 11). Jetzt kann man nun schon die zweierlei oben erwähnten Haare unterscheiden. Die einen haben eine kleine Basalzelle und ein langes, dickes Haar, das sich noch in zwei Zellen teilt; in diesen beiden Zellen bleibt Zellinhalt und Kern länger erhalten und am oberen Ende ist die Membran stumpf abgerundet und wenig verdickt (Fig. 13). Werden diese Haare älter, d. h. untersucht man sie an älteren Blättern, so findet man sie häufig in dem Zustande, den uns Fig. 14 zeigt: die obere Zelle ist abgestorben und an der Membran unter der abgestorbenen Zelle hat sich eine sehr starke Verdickungs-

masse abgelagert. Bei den anderen, häufigeren und typischen Haaren wächst die Basalzelle gleich anfangs ziemlich stark und wird blasenförmig; die obere Zelle bleibt ungeteilt, wird lang und spitz, und an der Spitze verdickt sich die Membran so weit, daß nur ein feiner Kanal erhalten bleibt, der Zellkern und das Plasma also ganz unten an dem breiteren Grunde liegen müssen. Die blasenförmig aufgetriebene Basalzelle zeigt anfangs auf der inneren, der Blattfläche zugewandten Seite eine deutliche Einknickung, eine schwache Einknickung ist aber auch auf der gegenüberliegenden, stark vorgewölbten Seite bemerkbar (Fig. 12). Erst später, wenn das Blatt sich ausbreitet und in die Fläche wächst, dehnt sich die Ansatzstelle des Haares aus und die Basalzelle erhält dann die schon erwähnte, flach gewölbte Form (Fig. 15). Ihre Membran nimmt nach dem Scheitel hin an Dicke zu und auch die Membran des Haares ist da, wo das eigentliche Haar der Basalzelle aufsitzt, ganz besonders verstärkt. Mit Chlorzinkjod färbt sich die Membran an der Spitze des Haares selbst und an der Basalzelle in den verdickten Teilen lebhaft gelb. Die Entstehungsweise der Haare erklärt uns nun auf das einfachste, warum sie nicht in normaler Weise einer Epidermiszelle aufsitzen, sondern auf dem Querschnitt zwischen zwei benachbarte eingekeilt erscheinen, von oben gesehen aber über den Grenzwänden stehen.

Beim Studium der Entwicklungsgeschichte des Blattes ergab sich noch eine Eigentümlichkeit in der Ausbildung des Mesophylls, die bei dieser Gelegenheit erwähnt werden möge. Während sich nämlich die Zellen in der obersten und den beiden untersten Schichten durch zahlreiche antikline Wände teilen, treten in der zweiten Zellschicht von oben solche Wände viel seltener auf, und die Zellen folgen hier der Vergrößerung der Blattfläche durch Querstreckung (Fig. 1). Aus diesen quergestreckten Zellen aber bilden sich dann teilweise die Queranastomosen der Gefäßbündel aus, indem besonders Wände in der Längsrichtung der quergestreckten Zellen auftreten. Die Zellen, die nicht zu Queranastomosen werden, teilen sich dann auch durch antikline Wände und werden zu gewöhnlichen Mesophyllzellen.

Zum Schluß wird noch die Frage aufzuwerfen sein, welche Funktionen den verschiedenen Gebilden der Oberhaut zukommen. In den großen, weiten Epidermiszellen können wir offenbar eine Art von Wassergewebe erblicken, das teils den Mesophyllzellen gegen zu starke Besonnung Schutz verleiht, teils ihnen bei ein-

tretendem Mangel Wasser abgibt, denn wir sehen an trocken werdenden Blättern die antiklinen Wände der Epidermiszellen in der bekannten Weise harmonikaförmig zusammengeknickt. Das Haarkleid dürfte auch im allgemeinen als ein Schutzmittel gegen zu starke Transpiration aufzufassen sein, wenigstens gilt dies für die spitzen Haare. Den zweizelligen, stumpfen, plasmareichen Haaren könnte man eher, wenigstens solange sie noch frisch sind, die Funktion zuschreiben, Feuchtigkeit aus der Luft aufzunehmen.

Bei der Vergleichung mit einigen äußerlich ähnlichen Arten verwandter Gattungen ergibt sich, daß die stumpfen, dreizelligen Haare regelmäßiger als die spitzen gefunden werden: so kommen bei *Zebrina pendula Schnitzl.* nur die ersteren vor, bei *Tradescantia geniculata Jacq.* kommen neben ihnen noch spitze Haare vor, deren spitzer Teil aber zweizellig ist, *Commelina benghalensis L.* verhält sich der vorigen ähnlich, zeichnet sich aber dadurch aus, daß die Spitze hakenförmig zurückgekrümmt ist, *T. fluminensis* schließlich scheint ganz haarlos zu sein. Bei den anders gebauten Formen fehlen dagegen die stumpfen Haare; wenigstens fand ich sie nicht bei *T. iridescens Lindl.*, deren Blatt nur am Rande mit Haaren versehen ist: diese sind spitz, bestehen aus zwei kurzen Basal- und zwei langen, oberen Zellen. Bei *T. virginica L.* finden sich auch nur am Blattrande Haare, die denen von *Callisia* ähnlich, aber viel kürzer und derber sind, bei *Rhoeo discolor Hance* fand ich gar keine Haare. Diese wenigen Beispiele mögen genügen, da wir ja die Haare hier nur nebenbei behandeln.

Die gewölbten Basalzellen von *Callisia* erinnern an die von Haberlandt beschriebenen Lichtsinnesorgane gewisser Blätter, besonders der von *Fittonia Verschaffelti*, und der bekannte Linsenversuch Haberlandts läßt sich auch bei *Callisia* mit bestem Erfolg ausführen. Ob aber jene Zellen wirklich als Lichtsinnesorgane fungieren, wollen wir dahingestellt sein lassen, denn es wäre doch sehr merkwürdig, wenn in ihnen zwei so verschiedene Funktionen vereinigt wären, sowohl als Vermittler des heliotropischen Reizes als auch als Träger der Borstenhaare zu dienen.

Nicht weniger schwierig zu deuten sind die Kieselkörper und Kieselzellen: ist doch ein analoges Vorkommen von Kieselkörpern in der Epidermis überhaupt noch nicht bekannt. Der Form nach ähnliche Kieselkörper kommen ja sonst, aber immer einzeln, in den kleinen als Stegmata bezeichneten Zellen bei Palmen, Orchideen u. a. vor, wobei ihnen Kohl in seinem bekannten, obenerwähnten

Werke die Funktion einer Ventileinrichtung zuschreibt. Aber abgesehen davon, daß die Richtigkeit dieser Deutung noch keineswegs erwiesen ist, so liegt doch hier ein ganz anderes Strukturverhältnis vor; auch ist es mir nicht gelungen, Porenkanäle in der Membran unterhalb der Kieselkörper wahrzunehmen. Eher könnte man daran denken, daß die Kieselzellen zur Festigung des Blattes oder zum Schutze gegen die Angriffe von Tieren, besonders von Schnecken, dienen. Doch sehen wir sonst die Verkieselung zu solchen Zwecken in anderer Form auftreten, nämlich es sind entweder die Membranen selbst verkieselt, wie bei Gräsern und Schachtelhalmen, oder der ganze Inhalt der Zelle wird mit Kieselsäure ausgefüllt, wie bei Podostemonaceen u. a. Übrigens fraßen Weinbergschnecken die ihnen vorgelegten Callisiablätter ohne weiteres auf. Wenn wir nun auch nicht sagen können, welche Bedeutung die Kieselkörper haben, so können wir uns doch schon eher erklären, warum sie in der oben beschriebenen Weise von Membransubstanz eingeschlossen werden: offenbar nämlich sollen sie dadurch in ihrer Lage festgehalten werden und über die Fläche der Zelle verteilt bleiben, denn sonst würden sie bei ihrer Schwere wie die Statolithen-Stärkekörner sich auf der jeweils nach unten geneigten Zellwand anhäufen und damit einen wahrscheinlich störenden Druck ausüben.

Unter den obengenannten, zur Vergleichung herangezogenen Commelinaceen ist es nur *Tradescantia geniculata*, die ebenfalls Kieselzellen besitzt; diese sind auch in derselben Weise gebaut wie bei unserer *Callisia*, kommen aber nur auf der Unterseite des Blattes reichlicher, auf der Oberseite ziemlich spärlich vor. Die anderen drei Arten der Gattung *Callisia*, die noch bekannt sind, habe ich leider nicht untersuchen können, weiß also nicht, ob bei ihnen dieselben Eigenschaften auftreten, die das Blatt von *C. repens* auszeichnen und mir einer besonderen Beschreibung wert erschienen sind.

Erklärung der Tafel.

1. Querschnitt durch ein junges Blatt: Epidermis noch ohne Haare, in der zweiten Mesophyllschicht die quergestreckten Zellen.

2. Epidermiszellen des jungen Internodiums von oben gesehen, mit den Anfängen der Kieselkörper.

3. Stengelepidermis wie bei 2 aber etwas älter: die Kiesel-

körper sind größer geworden, die Vorsprünge der Wände nach innen werden angelegt.

4. Etwas älterer Zustand als 3: die Vorsprünge sind größer und deutlicher.

5. u. 6. Kieselzellen des Stengels von oben gesehen.

7. Eine Kieselzelle von der Oberseite des Blattes von oben gesehen: von der Mitte scheinen zahlreiche Kanäle auszugehen, in denen die Kieselkörper liegen.

8. Ein Stück des Kanalsystems mit drei Kieselkörpern, stärker vergrößert.

9. Querschnitt durch die Epidermis des Blattes, oben eine größere Kieselzelle.

10. Die Epidermis des jungen Blattes im Längsschnitt, um die Entstehung der Haare zu zeigen.

11. Etwas älterer Zustand als 10: die spitzen Haare sind alle zweizellig geworden.

12. Noch älterer Zustand: die Basalzelle der spitzen Haare zeigt die Anschwellung und Einbiegung, in den anderen Epidermiszellen treten antikline Wände auf.

13. Ein dreizelliges Keulenhaar im ähnlichen Stadium wie in 12

14. Älteres Keulenhaar, dessen oberste Zelle abgestorben ist, und dessen mittlere Zelle oben eine starke Membrankappe gebildet hat.

15. Unterer Teil eines spitzen Haares.

Frankfurt am Main, Botanischer Garten, 1907.

Geotropismus und Pflanzenform

von

Friedrich Czapek.

Eingelangt am 29. Juli 1907.

Mit 1 Textfigur.

Die Einwirkungen von Licht und Schwerkraft auf die Organisation der Landpflanzen bieten für die experimentelle Morphologie ein weitaus größeres Feld als die Wirkungen anderer physikalischer Reizfaktoren, weil sich mit der stetigen Beeinflussung durch die Reizursache die Zahl der bleibend induzierten Veränderungen im Organismus vermehrt. Aber auch Photomorphosen und Geomorphosen zeigen, jede Gruppe für sich, manche Besonderheiten, welche ihr Studium für einzelne Zwecke besonders instruktiv und unentbehrlich macht. Die Beleuchtung erzeugt in ihrem täglich wiederkehrenden Wechsel, in der Variabilität mit dem Standort, ferner in ihrer Bedeutung für die photochemischen Prozesse in der Pflanze Wirkungen, welche vielfach den funktionellen, transitorischen Charakter sehr stark an sich tragen. Die Photomorphosen sind deshalb häufig noch an der Grenze transitorischer und bleibender Formverhältnisse und bieten für das Studium der ersten Stadien der Fixierung gestaltender Einflüsse äußerer Reizkräfte eine Reihe dankbarer Objekte. Je länger und je gleichmäßiger in ihrer Intensität die Reizkraft einwirkt, um so mehr muß sich der formative Einfluß mit zahlreichen anderen Vorgängen im Organismus korrelativ verknüpfen und wir werden uns nicht wundern, gerade in den Geomorphosen, welche durch die unveränderliche gleichgerichtete und allgemein einwirkende Schwerkraft in der Pflanze hervorgerufen worden sind, die besten Beispiele für streng erbliche Eigentümlichkeiten zu finden, welche jedoch aus gewichtigen Gründen wenigstens hypothetisch auf äußere Einflüsse zurückzuführen sind, selbst dort, wo die experimentelle Begründung auf Schwierigkeiten stößt.

So ist es kaum zweifelhaft, daß die Gesamttracht des Vegetationskörpers der Landpflanzen häufig in erster Linie durch die Schwerkraftwirkung bestimmt wurde und daß speziell in der Ausbildung des Verzweigungssystems der Schwerkraft eine größere induktorische Bedeutung zukommt als dem Lichteinflusse. Doch liegen die Verhältnisse nicht immer so einfach. Betrachten wir das rein monopodiale Verzweigungssystem der Hauptwurzeln oder vieler Koniferen.

Die akropetale Erzeugung von Seitensprossen in schraubiger oder quirliger Anordnung an dem unbegrenzt fortwachsenden Hauptstamme ist gewiß eine phylogenetisch sehr alte Ausbildung des Sproßsystems und mag ursprünglich mit der Erreichung einer gleichmäßigen Verteilung und ungestörten Entwicklung der Seitenorgane in Zusammenhang gebracht werden. Das Vorkommen monopodialer Verzweigung bei flottierenden Wasserpflanzen läßt vermuten, daß bei der Entstehung solcher Verzweigungstypen der Schwerkraftreiz keine Rolle gespielt haben mag. Mit der Annahme einer fixen Stellung beim Übergange zum Leben auf dem festen Lande (oder selbst schon beim Leben in ruhigem stehenden Wasser wie bei Chara) muß jedoch die Schwerkraft ihre Bedeutung als richtender und gestaltender Reizfaktor erhalten haben und es war die geotropische Reaktion auf eine gewaltsame Richtungsänderung des Sproßsystems das einfachste Mittel, um den früheren Zustand wieder herzustellen. Hier tritt also der Geotropismus in seine Rechte. Das Endziel aller dieser Reaktionen ist es, die frühere Form und Lage des Verzweigungssystems wieder herzustellen. Einige einschlägige Vorkommnisse gehören entschieden in den Rahmen des Begriffes »Regeneration«, wenn wir mit Goebel[1]) als Regeneration die an abgetrennten Pflanzenteilen oder verletzten Pflanzen auftretende Neubildung von Organen oder Geweben definieren. Eine solche Regeneration ist die bekannte Ersatzbildung des Haupttriebes von Fichten durch Aufwärtskrümmung eines Seitentriebes im jüngsten Wirtel; ebenso auch die analoge Ersetzung der Hauptwurzel durch eine vertikal abwärts wachsende Nebenwurzel, sobald man, wie Bruck[2]) zeigte, innerhalb der Wachstumszone der Hauptwurzel amputiert. Derselbe Erfolg tritt aber unter verschiedenen Bedingungen auch noch dort ein, wo das Hauptorgan erhalten blieb.

[1]) K. Goebel, Biolog. Zentralbl., Bd. XXII (1902), pag. 386.

[2]) W. Fr. Bruck, Zeitschr. f. allgem. Physiol. Bd. III (1904), pag. 504.

So macht Goebel[1]) darauf aufmerksam, daß man bei Fichten den Gipfeltrieb so einknicken kann, daß er erhalten bleibt und sogar später eine geotropische Aufkrümmung zeigt; daß aber dann trotzdem einer der Seitenzweige sich vertikal aufrichtet. Als ich es versuchte, durch andauernde Verdunklung des Haupttriebes während der Zeit lebhaftesten Wachstums Richtungsänderungen an den Seitenzweigen der Fichte zu erzielen, konnte ich jedoch eine solche Erscheinung nicht wahrnehmen; nach Verlauf von einigen Wochen waren vielmehr alle Zweige des jüngsten Wirtels um 5—6 *cm* in ihrer normalen Richtung weitergewachsen, während der in einem lichtdicht abgeschlossenen Glasrohr fortwachsende Hauptsproß völlig etioliert war. Weitere Versuche werden nun zu entscheiden haben, welche Bedingung in Goebels erwähntem Versuche die wirksame war. Bei Wurzeln gelingt es durch Eingipsen der Spitze der Hauptwurzel und durch die hierdurch gesetzte Wachstumshemmung, die analoge Ersatzbildung durch eine Seitenwurzel zu erhalten; zweifellos werden sich die Verzweigungssysteme der Koniferen ebenso verhalten.

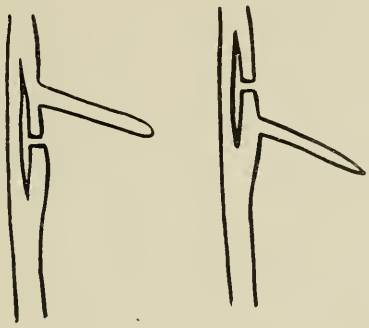
In der erwähnten Arbeit von Bruck findet sich bereits der Hinweis, wie die erwähnten Ersatzbildungen allgemein in das Gebiet der Regenerationserscheinungen fallen, respektive im Sinne der Pfefferschen Begriffsfassung[2]) im speziellen als »Reproduktionsvorgänge« zu gelten haben, wenn es sich um Ersatz durch Auswachsen von Anlagen an Stelle des verloren gegangenen Triebes handelt. Die angeführten Fälle zeigen auch, wie schon Funktionsstörung in manchen Fällen genügt, um denselben Effekt zu veranlassen. Wir können aber noch weiter gehen und selbst die geotropische Reaktion an Haupt- und Seitenwurzeln nach einer Lageänderung des Verzweigungssystems als eine korrespondierende Erscheinung ansehen. Auch sie läuft ja darauf hinaus, die normale Form und Tätigkeit des Verzweigungssystems wieder herzustellen. In seiner rein morphologischen Fassung paßt der Begriff »Regeneration« oder »Reproduktion« nicht recht auf dergleichen Erscheinungen. Vielleicht wäre es aber möglich, von »morphotischen« und »kinetischen« Regenerationen zu sprechen, um damit auszudrücken, daß die ursprüngliche Form sowohl durch Auftreten neuer Bildungen als auch durch Wachs-

[1]) Goebel, Résum. scient. du Congrès Internat. de Botanique Vienne, 1905, pag. 230 (1906).

[2]) W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., Bd. II, pag. 204 (1901).

tumsbewegungen wieder hergestellt werden kann. Es wird noch eingehender zu untersuchen sein, wie weit die verschiedenen monopodialen Zweigsysteme zu morphotischen und kinetischen Regenerationen befähigt sind. Wurzelsysteme sind zur kinetischen Regeneration ganz ausnehmend geeignet. Ich konnte bisher keine anderen regenerativen Vorgänge hier auffinden. Hingegen scheint bei Koniferen nach Sachs unter Umständen nach Umkehrung der Pflanze eine morphotische Regeneration durch Adventivbildungen einzutreten.

Bei den geotropischen Reaktionen an Wurzelsystemen tritt bekanntlich in hohem Grade die Tendenz zutage, die normale Schräglage der Seitenwurzeln und die normale Vertikalrichtung des Hauptorgans unter allen Verhältnissen beizubehalten und so nach



beliebigen Lageveränderungen stets die normale Form zu restituieren. Die Reaktionsmodi von Haupt- und Seitenwurzeln sind genau korrelativ verknüpft. Ist nun aber diese Verknüpfung eine abänderliche Form des Zusammenwirkens der Einzelorgane oder ist Haupt- wie Seitenwurzeln die Art der Reaktionsfähigkeit ein für allemal mitgegeben?

Dieser Frage suchte ich in folgenden Versuchen näherzutreten, die zum Ziele hatten, Seitenwurzeln möglichst vom Mutterorgan zu isolieren, ohne ihre Wachstumsfähigkeit zu stark zu beeinträchtigen. Die Hauptwurzel wurde zur Zeit des Hervorbrechens der Seitenwurzeln auf eine kurze Strecke durch einen medianen Längsschnitt gespalten und nun, wie nebenstehende Figur zeigt, knapp unterhalb oder oberhalb einer jungen Seitenwurzel eine Längshälfte quer durchschnitten. Alle Wundränder wurden durch

dünne Glimmerblättchen vor einer Wiedervereinigung geschützt und die operierten Objekte (großsamige Varietät von *Faba*) in Sägemehl oder im feuchten Raume weiter kultiviert. Die an dem künstlichen Stumpfende isolierten Seitenwurzeln zeigten bis auf wenige (offenbar mißglückte) Fälle stets ansehnliches Wachstum und ließen nie eine Abweichung von der normalen Richtung erkennen. Die Störung des normalen Zusammenhanges war eine so hochgradige, daß man an eine Fortdauer korrelativer wechselnder geotropischer Beziehungen nach der Operation schwer denken kann. Ich halte es für das wahrscheinlichste, daß die Seitenwurzeln im Moment der Operation bereits die bleibende Induktion ihrer geotropischen Eigenschaften hatten. Dies stimmt auch mit anderen Erfahrungen überein. So konnte Sachs[1]) geotropische Krümmungen an ganz jungen noch im Muttergewebe eingeschlossenen Seitenwurzeln beobachten. In demselben Sinne ist auch die Erfahrung von Bruck[2]) zu deuten, daß die im Gipsverbande angelegten Seitenwurzeln auf eine nach der Entfernung des Gipsmantels ausgeführte Dekapitierung der Hauptwurzel hin ihre normale Richtung nicht verändern. So kommen wir zu dem Ergebnis, daß die Seitenwurzeln von ihrer ersten Anlage her ihre geotropischen Eigenschaften unverändert beibehalten. Dasselbe gilt nach Versuchen an Koniferen (*Picea*), an *Aesculus* und einigen anderen Holzgewächsen, die ich genau nach der obigen Methode an im Freilande wurzelnden Exemplaren anstellte, auch für die Seitenäste monopodialer Stammverzweigungen. Eine nachträgliche Änderung der Zweigrichtung trat nach der oben beschriebenen Operation niemals ein. Dabei zeigte das Wachstum des isolierten Zweiges nur eine vorübergehende Hemmung und nach Verlauf von acht bis zehn Wochen war die Wachstumsdifferenz gegenüber den normalen Zweigen ausgeglichen.

Dementsprechend dürften die Zweiganlagen bei monopodialen Systemen schon in den frühesten Stadien allgemein mit den charakteristischen geotropischen Eigenschaften ausgestattet werden und es müssen sich die geotropischen Qualitäten von Haupt- und Seitenwurzeln schon im embryonalen Gewebe ausbilden Der Geotropismus hängt mithin in allen Organen auf das innigste mit den vererbten formativen Eigenschaften zusammen und man muß

[1]) J. Sachs, Arbeit. d. botan. Inst. Würzburg, Bd. I, pag. 615 (1874).
[2]) Bruck, l. c. pag. 510.

vorläufig darauf verzichten, physiologische Beziehungen zwischen positivem und Seitenwurzelgeotropismus anzunehmen. Am besten betrachtet man den letzteren tatsächlich als einen dem positiven und negativen Geotropismus koordinierten »Transversalgeotropismus«.

Erwähnung brauchen aber noch die verschiedenen Fälle, in denen die Seitenwurzeln unter dem Einflusse von physikalischen Faktoren (steigende Temperatur, Lichtzutritt, vielleicht auch Feuchtigkeitsänderung, sodann Verwundungseffekte) steiler nach abwärts wachsen als sonst. In allen diesen Fällen kann man die Abwärtsbiegung in jedem wachstumsfähigen Stadium der Seitenwurzeln hervorrufen und es handelt sich um nichts anderes als um einen gewissen Grad der Grenzwinkeländerung, ohne daß die Seitenwurzeln aufhören, transversalgeotropisch zu sein. Faktisch wird in keinem Falle die vertikale Stellung erreicht, und es ist fast zu weit gegangen, hier von »Umstimmung« des geotropischen Verhaltens zu sprechen. Ich wäre geneigt, nur bei der korrelativen, zu Regenerationszwecken erfolgenden Änderung des Geotropismus bei neu entstehenden Seitenwurzelanlagen an dekapitierten Wurzeln von »Reizstimmungsänderung« zu sprechen,wenn nicht da besser angenommen wird, daß der positive Geotropismus schon von den ersten Gewebebildungsprozessen an der jungen Ersatzwurzel innewohnt. Übergänge von transversalem zu positivem Geotropismus gibt es anscheinend nicht.

Der Vergleich von Wurzelsystemen, die sich während der Rotation der Pflanze auf dem Klinostaten ausgebildet haben, mit normal erwachsenenWurzelsystemen zeigt ohne weiteres, wie wenige Unterschiede der Wegfall der einseitigen Schwerewirkung für die Form des Zweigsystems hervorruft. Geringe oft kaum sicher konstatierbare Änderungen des Winkels mit dem Mutterorgan sind alles, was die Seitenwurzeln als Klinostatenwirkung zeigen. Ich habe aber bereits in früheren Studien mehrfach gezeigt, daß mit Ausschaltung der normalen Schwerkraftrichtung für die Wurzelsysteme auch jeder formregulierende Faktor wegfällt, so daß man Haupt- und Seitenwurzeln durch vorgelegte Hindernisse nach jeder beliebigen Richtung auf dem Klinostaten zum Wachstum veranlassen kann. Im normalen Leben spielt also bei diesen monopodialen Zweigsystemen die Reizbarkeit durch die einseitige Schwerewirkung weniger die Rolle als gestaltender Faktor als als gestaltregulierendes Moment und die Einzelregulationen werden in allen Wurzelanlagen unveränderbar spezifisch bestimmt und festgelegt.

Vielleicht entsprechen auch die korrelativen Beziehungen im

geotropischen Verhalten zwischen horizontalen Rhizomsprossen, welche der vegetativen Vermehrung dienen, und den vertikalen Laubsprossen der diesjährigen Vegetationsperiode ähnlichen Verhältnissen, wie wir sie an monopodialen Zweigsystemen kennen gelernt haben. Nach Goebel[1]) tritt bei *Circaea*, *Achimenes* und anderen derartige Ausläufersprosse bildenden Pflanzen nach Abschneiden des Hauptsprosses eine Aufwärtskrümmung an einem Rhizomsproß auf. Es bleibt hier noch zu entscheiden, bis zu welchem Zeitpunkt in der Entwicklung der Rhizomsproßanlage eine solche korrelative Umstimmung möglich ist.

Ein Gegenstück zu den geotropischen Reaktionen der monopodialen Wurzel- und Sproßsysteme, welche mehr regulative als formative Faktoren darstellen, bietet eine Reihe von Abwärtskrümmungen an Laub- und Blütensprossen (nickende oder nutierende Sprosse), welche die Eigentümlichkeit zeigen, daß sie in ihrer Entstehung an die normale Angriffsweise der Schwerkraft gebunden sind. Bekanntlich ist dies nicht bei allen »nutierenden Sprossen« der Fall und die Abwärtskrümmung des Hypokotyls von Helianthuskeimlingen bietet ein gut gekanntes Beispiel für das Auftreten solcher Krümmungen auf dem Klinostaten.[2]) Wie Vöchting[3]) jedoch für Papaver-Blütenknospen, *Fritillaria Meleagris* und eine Reihe anderer Blütensprosse, Scholtz[4]) für *Ampelopsis* Zweigspitzen gezeigt hat, strecken sich viele dieser nutierenden Sprosse auf dem Klinostaten rotierend gerade, was fast allgemein zugunsten der zuerst 1868 von Frank[5]) geäußerten Meinung gedeutet wurde, daß wir solche Sprosse als »positiv geotropisch« aufzufassen hätten. Diese Objekt haben sämtlich die gemeinsame Eigenheit, daß in einem bestimmten Entwicklungsstadium eine spontane Geradestreckung des Sprosses erfolgt.

Sehen wir uns die einschlägigen Erscheinungen an einem geeigneten Objekte, etwa *Sedum rupestre L.*, welches wegen seiner großen Widerstandsfähigkeit gegen die Eingriffe des Experiments hierzu sehr empfehlenswert ist, näher an, so stellen wir leicht folgende Tatsachen fest. Werden die Pflanzen (einfach mit Korken in wassergefüllten Probierröhrchen befestigt) horizontal gelegt, so daß der Blütenstand abwärts gekrümmt ist, so ist in dem Stengelteil

---

[1]) K. Goebel, Botan. Ztg. 1880, pag. 813 ff.
[2]) H. Vöchting, Beweg. d. Blüten und Früchte (1882), pag. 92.
[3]) Vöchting, l. c., pag. 187.
[4]) M. Scholtz, Cohns Beitr. z. Biolog. d. Pflanzen, Bd. V, Heft 3 (1882).
[5]) A. B. Frank, Beiträge z. Pflanzenphysiol. (1868), pag. 49 u. 87.

unterhalb der Nutationsbiegung nach 24 Stunden eine rechtwinklig aufwärts gerichtete geotropische Krümmung eingetreten, wodurch der Status quo wieder hergestellt wird. Die entsprechende negativ geotropische Reaktion stellt auch nach einer seitlichen Lage der Nutationsbiegung die alte Gleichgewichtslage wieder her. Hat man an den horizontal liegenden Pflanzen die Stellung so gewählt, daß die Nutationskrümmung nach aufwärts sieht, so wird als Resultat der Reaktion wieder die Einstellung der nickenden Lage des oberen Sproßteiles durch negativen Geotropismus erreicht. Ebenso sieht man endlich an umgekehrten Sprossen nach etwa 48 Stunden eine Aufwärtskrümmung im mittleren Teil des Stengels eingetreten. Man müßte daher eigentlich sagen, daß der obere Sproßteil »positiv«, der mittlere »negativ geotropisch« reagiert, eine Bezeichnungsweise, welche mir bei näherer Überlegung der richtigen Auffassung des negativen und positiven Geotropismus zu widersprechen scheint. Viel besser ist es, mit Pfeffer[1]) von einer geotropischen Beeinflussung der Nutationsbewegung zu sprechen und wenn Wiesner[2]) von Epinastie spricht, so trifft dies in mancher Richtung mit dieser Auffassung zusammen. Auf dem Klinostaten rotierend, strecken sich nun die Blütensprosse von *Sedum rupestre* binnen 24 Stunden gerade. Diese Reaktion trifft nicht mit der normalen Geradestreckung im Entwicklungsgange des Blütensprosses zusammen, da es gelingt, bei ruhigem Vertikalstehen an den gerade gestreckten Sprossen die Nutationskrümmung neuerlich zu erhalten. *Papaver Rhoeas* zeigt nach meinen Erfahrungen genau dieselben Erscheinungen.

Nach meiner Auffassung ist also das Nicken der Blütensprosse bei allen diesen Pflanzen eine Wachstumskrümmung, welche nur dann vor sich geht, wenn die Schwerkraft die Pfanze in normaler einseitiger Weise affiziert. Es ist dies weder echter Geotropismus noch eine echte Geonastie (weil immerhin richtende, nicht nur krümmende Wirkungen entfaltet werden), sondern eine physiologische Schwerkraftwirkung, die etwa dem Geo-Nyktitropismus zu vergleichen ist. Wie A. Fischer[3]) nämlich zeigte, finden bei einer Reihe von Pflanzen die nyktitropischen Bewegungen nur bei normaler einseitiger Beeinflussung durch die Gravitation statt und werden auf dem Klinostaten eingestellt. Ebenso ist für die »Geo-Nutation«

[1]) W. Pfeffer, Pflanzenphysiol., 2. Aufl., Bd. II, pag. 391 (1901).

[2]) J. Wiesner, Schwerkraft und Richtung der Pflanzenorgane. Sitzungsbericht d. Wien. Akad., Bd. CXI, Abt. I, Oktober 1902, pag. 755.

[3]) A. Fischer, Botan. Zeitg. 1890, pag. 672.

die normale Angriffsweise der Schwerkraft Vorbedingung und die Gravitation entfaltet hier einen wesentlich formbildenden Einfluß. Diese formative Wirkung ist allerdings nicht inhärent, sondern dauert nur so lange an, als die Pflanze dem normalen Angreifen der Schwere ausgesetzt bleibt. Vererbt wird nur die Fähigkeit, auf den Gravitationsreiz in der beschriebenen Weise zu reagieren. Von derartigen vorübergehenden Induktionen durch den Schwerkraftreiz kennt man nicht viele Fälle. Nähere Nachforschungen dürften aber immerhin noch eine Reihe von morphologischen Charakteren aufdecken, welche sich nach kürzerer oder längerer Zeit bei Eliminierung des normalen Angreifens der Schwere ändern, welche somit als transitorische Geomorphosen zu deuten wären.

Zum Schlusse möchte ich noch eine Erscheinung aus dem Gebiete des Monopodial-Geotropismus berühren, welche mir an den verzweigten blühenden Sprossen einer Reihe von Pflanzen aufgefallen ist. Wenn man z. B. die blühenden Stengel von *Delphinium elatum* horizontal legt (durch Umbiegen der Sprosse von Freilandpfanzen), so daß auch einige der Seitensprosse genau horizontal gerichtet werden, so beobachtet man regelmäßig, daß die geotropische Aufrichtung nicht nur beim Hauptsproß in der Vertikalstellung endigt, sondern auch bei den Seitensprossen. Letztere nehmen also nicht ihre frühere klinotrope Lage wieder an (wie dies Seitenwurzeln unter allen Verhältnissen tun), sondern werden in vertikaler Stellung aufgerichtet. Da ich die analoge Erscheinung in gelegentlichen Versuchen noch bei *Asclepias Cornuti*, *Angelica silvestris*, *Centaurea phrygia*, *Hemerocallis fulva* feststellen konnte, so vermute ich, daß es sich um eine sehr verbreitete Eigentümlichkeit im geotropischen Verhalten blühender Seitensprosse handelt. Vermutlich haben wir es hier mit einem »Stimmungswechsel« im geotropischen Verhalten zu tun. Voraussichtlich wird diese Umstimmung nicht erst durch die Veränderung der Orientierung der Pflanze im Experiment gesetzt, sondern war latent schon früher da und verrät sich erst durch das eigentümliche Verhalten in der geotropischen Reaktion. Eine Stütze würde diese Auffassung erhalten, wenn man das so häufig zu beobachtende bogenförmige Aufsteigen normal wachsender Seitensprosse gleichfalls als Effekt einer geotropischen Umstimmung deutet, welche im Verlaufe des normalen Entwicklungsganges des Sprosses vor sich geht. Auch diese Art von formativen Schwerkrafteinflüssen bedarf noch genauerer Erforschung.

Vergleichende Anatomie des Holzes der Koniferen

von

Alfred Burgerstein (Wien).

Eingelangt am 5. August 1907.

Seit Jahren bin ich mit xylotomischen Arbeiten beschäftigt; insbesondere glaube ich die Holzanatomie der Koniferen auf Grund eigener Anschauung eines reichhaltigen Materials ziemlich gut kennen gelernt zu haben. Die hierbei gewonnenen Erfahrungen sind mit gleichzeitiger Verwertung einschlägiger Resultate der Untersuchungen anderer Autoren in Form einer Bestimmungstabelle der Koniferengattungen hier zusammengestellt.[1])

Im ganzen habe ich zirka 250 Holzproben, die 175 Arten, verteilt auf 31 Gattungen, umfassen, mikroskopisch geprüft. Von *Actinostrobus*, *Phyllocladus* und *Saxegothea* stand mir leider kein Untersuchungsmaterial zur Verfügung.

Xylotomisch gut charakterisiert und daher nach dieser Richtung relativ leicht erkennbar sind die Gattungen *Araucaria*, *Cedrus*, *Dacrydium*, *Torreya*, *Taxus*, *Cephalotaxus*, *Tsuga*, *Pseudotsuga*, *Sciadopitys*. Von den *Pinus*-Arten sind jene, deren Quertracheiden als Zackenzellen deutlich ausgebildet sind, sowie jene Arten, die bei glattwandigen Quertracheiden an der Radialwand der Markstrahlparenchymzellen nur je einen, fast das ganze Kreuzungsfeld einnehmenden Tüpfel führen, als zu *Pinus* zugehörig, leicht zu erkennen; diese zusammen bilden die überwiegende Mehrheit (gegen 70 Arten) der Gattung. Allein es gibt einzelne *Pinus*-Arten, zum

[1]) Es lag ursprünglich in meiner Absicht, in der vorliegenden Festschrift eine Abhandlung physiologischen Inhaltes zu veröffentlichen. Die zu diesem Zwecke begonnenen experimentellen Untersuchungen konnten jedoch nicht rechtzeitig abgeschlossen werden.

Beispiel *P. Pinea*, deren Markstrahlparenchymzellen in der Tüpfelbildung auffallend an *Abies* oder an *Picea* erinnern. Von *Abies* sind diese *Pinus*-Arten sofort durch das Vorhandensein der Quertracheiden, von *Picea* mehr oder weniger leicht durch die Dünnwandigkeit der Epithelzellen der Markstrahlharzgänge unterscheidbar.

Für andere Genera der Koniferen sind xylotomische Eigentümlichkeiten, die als diagnostische Merkmale verwendet werden könnten, schwer zu finden. So zeigen *Abies*, *Keteleeria* und *Pseudolarix*, anderseits *Picea* und *Larix*, endlich *Cupressus*, *Juniperus*, *Biota* und *Thuja* einen so übereinstimmenden Bau des Holzes, daß wenigstens nach meinen Erfahrungen, die Feststellung der Gattungszugehörigkeit einer Holzprobe in den meisten Fällen entweder sehr schwierig oder überhaupt unmöglich ist.

Für die Kenntnis der xylotomischen, auch für praktische Zwecke verwendbaren Charakteristik von Koniferen sind insbesondere die Arbeiten von J. Wiesner (Rohstoffe des Pflanzenreiches, 1. Aufl., 1873), Nakamura (Unters. a. d. forstbotan. Institut München, 1883), H. Mayr (Waldungen von Nordamerika, 1890), K. Wilhelm (in Wiesner, Rohstoffe, 2. Aufl., 1903) und Fl. Tassi (Bull. del Labor. ed orto botan. Siena, 1906) wichtig. Verläßliche Daten findet man ferner unter anderen bei B. Eßner, H. Fischer, T. F. Hanausek, R. et Th. Hartig, A. Kleeberg, L. Kny, H. v. Mohl, H. Nördlinger, P. Pfurtscheller, L. Piccioli, G. de Saporta, J. Schneider, J. Schroeder, F. Strasburger.

Auf eine Besprechung der Literatur (eine reichhaltige Zusammenstellung derselben findet man bei Tassi, l. c.) gehe ich nicht ein; nur einen Fall möchte ich berühren. Gothan hat (Abh. d. kgl. Preuß. geolog. Landesanstalt, 1905) holzanatomische Merkmale angeführt, nach denen »die Unterschiede zwischen *Larix* und *Picea* ganz einfach und handgreiflich sind«. Ich habe aber klar und deutlich dargetan (Ber. Deutsch. bot. Ges., XXIV. Bd., 1906), daß die Angaben Gothans als diagnostische Merkmale von *Larix* und *Picea* unbrauchbar sind. Beachtenswert ist ein Befund von Schroeder (Das Holz der Koniferen, Dresden 1872): »Die Wände (der Quertracheiden) sind bei der Fichte meist glatt, ohne Verdickungsspitzen und nur hin und wieder sieht man dieselben um den Tüpfelkanal der kleinen behöften Tüpfel. — Bei der Lärche findet man meist keine Verdickung und wo selbe vorhanden ist, da ist sie schwach und läuft nicht wie bei der Fichte in eine

Spitze aus.« Tassi (l. c.) gibt an den Quertracheiden von *Picea* (*excelsa* und *Morinda*) »piccole dentature sporgenti verso l'intorno«, bei *Larix* (*europaea*, *leptolepis*, *dahurica* und *sibirica*) »pareti interne lisce« an. Ich fand folgendes: Untersucht man Radialschnitte von *Picea excelsa* bei einer mindestens 350 maligen Vergrößerung, so findet man meist erst nach längerem Suchen eine oder die andere Quertracheide, deren äußere Wand stellenweise sehr kleine und feine, nach innen gerichtete Vorsprungsbildungen besitzt, was bei *Larix* nicht der Fall ist. Ob indes die erwähnte Eigentümlichkeit bei allen Arten von *Picea* vorkommt, ist nicht ausgemacht; bei *P. Omorica* konnte ich sie nicht sehen.

Ein besonderes Augenmerk ist bei xylotomischen Untersuchungen darauf zu richten, daß diese an richtig determiniertem Material vorgenommen werden. So kann ich mir verschiedene grobe Irrtümer von Gregor Kraus, der z. B. die Existenz der schraubigen Verdickungsleisten in den Längstracheiden bei *Pseudotsuga Douglasii* (in einem ungerechtfertigten Angriff auf die richtigen Angaben Schroeders) in Abrede stellt, der ferner in den Markstrahlen von *Abies balsamea* Quertracheiden angibt (die allen Arten von *Abies* fehlen), nur dadurch erklären, daß dem genannten Autor unrichtig bestimmte (sogar anderen Gattungen zugehörige) Holzproben vorlagen. Solche Täuschungen sind nahezu ausgeschlossen, wenn man selbst reichere Erfahrungen auf xylotomischem Gebiete gesammelt und Gelegenheit hat, von derselben Gattung oder Art mehrere Holzproben verschiedener Provenienz zu untersuchen.

Die in der folgenden Zusammenstellung angeführten Zahlen, z. B. »Höhe der Markstrahlzellen 18 – 19 μ« (Mikromillimeter) bedeuten nicht Grenzwerte, sondern Mittelwerte aus einer größeren Anzahl von Abmessungen. Unter »Kreuzungsfeld« ist jenes Revier gemeint, welches am Radialschnitt durch Kreuzung einer Markstrahlzelle (Parenchymzelle) mit einer Längstracheide des Frühholzes gebildet wird. Wo es möglich war, habe ich angeführt, ob sich die Angaben auf Schaftholz oder auf Astholz beziehen.

Bestimmungstabelle der Koniferengattungen nach xylotomischen Merkmalen.

1 *a*. Alle Strangtracheiden mit kräftigen, sich deutlich abhebenden, schraubig verlaufenden (als »tertiäre Verdickungsschicht« der Innenhaut angehörenden) Verdickungsleisten . . . 2

1 *b*. Die Strangtracheiden, in allen Fällen die ersten Frühtracheiden (des Schaftholzes), ohne derbe, schraubenlinige Verdickungsleisten der Innenwand. An der Tracheidenwand des Astholzes nicht selten zarte, schraubenförmige (der sekundären Schicht angehörende) Vorsprünge, die als sehr nahe beieinander stehende, parallele Streifen erscheinen 8

2 *a*. Markstrahlen nur aus Parenchymzellen bestehend, einschichtig, ohne Harzgang 3

2 *b*. Markstrahlen aus Parenchymzellen und Quertracheiden zusammengesetzt, einschichtig oder partiell (in der Mitte ihrer Höhe) zweischichtig; Markstrahlharzgänge (nach Fichtenart) vorhanden 7

3 *a*. Verdickungsleisten an den Strangtracheiden zu 2—4 gruppiert . . . . . **Torreya**
(*T. californica Torr.* — *T. nucifera S. et Z.*)

3 *b*. Verdickungsleisten in nahezu gleichen Abständen voneinander entfernt (nicht gruppenweise) 4

4 *a*. Holzparenchym fehlend 5

4 *b*. Holzparenchym vorhanden 6

5. Frühtracheiden mit einreihigen (im Schaftholze stellenweise zweireihigen) Tüpfeln. Markstrahlzelltüpfel scheinbar behöft, hie und da auch hoflos erscheinend. Markstrahlen einschichtig; Markstrahlzellhöhe 18—19 μ . . . . . **Taxus**
(*T. baccata L.* — *T. cuspidata S. et Z.*)

6. Das vorhandene Holzparenchym bisweilen reichlich entwickelt. Markstrahlen einschichtig (bei *C. drupacea* auch partiell zweischichtig), viele nur 1—3 Zellen hoch, mit 1—2 Tüpfeln im Kreuzungsfeld. Markstrahlzellhöhe 18·5—20·5 μ. **Cephalotaxus**
(*C. drupacea S. et Z.* — *C. Fortunei Hook.* — *C. pedunculata S. et Z.*)

7. Frühtracheiden im Schaftholze im Mittel 40—50 μ, mit 1—2 Reihen elliptischer Tüpfel an der Radialwand. Holzparenchym. sehr spärlich, mit harzigem Inhalt, besonders im Kernholz. Markstrahlen 1—3 schichtig, bis 20 Zellen hoch. Quertracheiden schmal, wenig hervortretend. Parenchymzellen 19—21 μ hoch mit 1—3 einfachen Poren im Kreuzungsfeld . **Pseudotsuga**
(*P. Douglasii Carr.* — *P. japonica Maxim.*)

8 *a*. Scheiben der Tüpfelschließhäute der Strangtracheiden zierlich gekerbt 9

8 *b*. Tüpfelschließhäute glatt, nicht gekerbt 10

9. Tüpfel an den Frühtracheiden ein- oder partiell zweireihig. Holzparenchym sehr spärlich und nur an der Außengrenze des Spätholzes auftretend. Markstrahlen nicht selten 20, mitunter 30 Zellen (selbst darüber) hoch, einschichtig (sehr selten ein Zellenpaar in der Mitte der Höhe), ohne Harzgang. Parenchymzellen der Markstrahlen 20—23 μ hoch, mit meist 1—2 einfachen (ab und zu scheinbar behöften) Tüpfeln im Kreuzungsfeld. An den Kanten der Markstrahlen stellenweise Quertracheiden . . . . . **Cedrus**
(*C. atlantica Manetti — C. Deodara Loud. — C. Libani Barr.*).

10 *a*. Markstrahlen nur aus Parenchymzellen bestehend . . . 11

10 *b*. Markstrahlen aus Parenchymzellen und Quertracheiden zusammengesetzt 38

11 *a*. Markstrahlen typisch einschichtig 12

11 *b*. Neben einschichtigen Markstrahlen auch partiell zweischichtige 32

12 *a*. Die horizontalen Markstrahlzellwände dünn oder mitteldick, glatt oder mit wenig ausgesprochener Tüpfelung (Kupressineentüpfelung) 13

12 *b*. Die radialen Markstrahlzellwände reichlich und auffallend getüpfelt (Abietineentüpfelung) 33

13 *a*. An der Radialwand der Markstrahlzellen nur ein sehr großer (oder zwei große) vierkantige oder elliptische (augenliedförmige) Tüpfel in der Zellweite 14, 15

13 *b*. Markstrahlzellen mit ein bis mehreren kleinen, einfachen oder Scheinhoftüpfeln 16

14. Strangtracheiden mit einreihigen, oft gekreuzten Hoftüpfeln. Spätholz wenig entwickelt; Holzparenchym nicht vorhanden. Markstrahlen bis 0·5 mm hoch und bis 30zellig. Markstrahlzellen dünn- bis mitteldickwandig, 18—19 μ hoch; die großen rhomboidischen Markstrahltüpfel 15—20 μ lang und 8—15 μ hoch . . . . . **Dacrydium**
(*D. Franklinii Hook. fil. — D. cupressinum Sol.*)

15. Frühtracheiden relativ englumig, im Mittel 30 μ, mit einreihigen Tüpfeln. Tangentialtüpfel vorhanden; Holzparenchym spärlich. Markstrahlen höchstens 10zellig; Markstrahlzellen im Mittel 23 μ hoch; deren große, elliptische oder augenliedförmige Tüpfel in der Früholzzone 22—32 μ × 12—16 μ. **Sciadopitys** (*S. verticillata S. et Z.*)

16 *a*. Markstrahlzellen über 20 μ hoch 17

16 *b*. Markstrahlzellen höchstens 20 μ hoch . . . . . 25—31

17 *a*. Tüpfel an der Radialwand der Frühtracheiden in 1—3 (stellenweise auch 4) Reihen . . . . . 18—20

17 *b*. Radialwand der Frühtracheiden 1—2reihig getüpfelt . 21, 22

17 *c*. Tüpfelung der Tracheiden einreihig 23, 24

18. Frühtracheiden im Schaftholz 40—60 μ und darüber. Hoftüpfel an der Radialwand der Frühtracheiden in 1—3, stellenweise auch 4 Reihen und wenn mehrreihig, dann die Tüpfel gegenseitig polygonal abgeflacht. Tangentialtüpfel reichlich, stellenweise auch zweireihig. Holzparenchym nicht vorhanden. Markstrahlzellen dünn oder sehr dünnwandig, im Mittel 24—32 μ hoch, mit 1—10 kleinen Scheinhoftüpfeln im Kreuzungsfeld . . . . . **Araucaria** *A. Bidwillii Hook., A. brasiliensis A. Rich., A. Cunninghamii Sweet, A. excelsa R. Br., A. imbricata Pav., A. Rulei Fr. Muell.*

19. Frühtracheiden im Schaftholz 30—45 μ. Tüpfel an deren Radialwand häufig zwei-, stellenweise dreireihig und wenn mehr als einreihig, dann gegenseitig polygonal abgeflacht. Der innere Tüpfelhof schmal, fast so lang als der Durchmesser des äußeren Tüpfelhofes und mit jenem an der gegenüberliegenden Tracheidenwand liegenden sich häufig kreuzend. Markstrahlzellen glatt und zartwandig, im Mittel 26—30 μ hoch . . . . . **Damara** (*Damara australis Lamb.*)

20. Radiale Lichte der Frühtracheiden im Schaftholz 60—70 μ, im Astholz 25—35 μ, mit im Schaftholz zwei- bis dreireihigen, stellenweise vierreihigen, im Astholz ein- bis zweireihigen Tüpfeln. Diese 24—28 μ lang, 19—22 μ breit, an der Berührungsstelle meist einseitig (nicht polygonal) abgeflacht. Holzparenchym spärlich. In den Markstrahlen oft 20 Zellen übereinander. Markstrahlzellen 22—24 μ hoch, mit 1—4 (meist

2 - 3) Scheinhoftüpfeln im Kreuzungsfeld. Im Kernholz reichlich Harzausscheidung . . . . . **Taxodium** (*T. distichum Rich.*)

21. Frühtracheiden mit einer, an den weitlichtigen mit meist zwei Tüpfelreihen. Tangentialtüpfel vorhanden. Holzparenchym fehlend. Markstrahlen aus wenigen, auffallend häufig nur aus 1—2 (nie über 10) Zellen zusammengesetzt. Markstrahlzellen dünn bis sehr dünnwandig, 22—26 μ hoch, mit 1 – 6 Scheinhoftüpfeln im Kreuzungsfeld. Im Mark Harzkanäle . **Ginkgo** (*Ginkgo biloba L.*)

22. Frühtracheiden im Astholz einreihig, im Schaftholz ein- bis zweireihig getüpfelt. Holzparenchym spärlich. Markstrahlzellen 19—21 μ hoch, mit 1—4 (zumeist 2) einfachen, 6—9 μ langen, 4—6 μ breiten Tüpfeln im Kreuzungsfeld . **Cunninghamia** (*Cunninghamia sinensis R. Br.*)

23. Tüpfel der Strangtracheiden häufig gekreuzt erscheinend. Markstrahlen meist nicht über 15 Zellen hoch; diese dünnwandig, im Mittel 21 μ hoch, mit 1—4 (häufig 2) kleinen, einfachen oder scheinbar behöften, schmallanzettlichen Tüpfeln im Kreuzungsfeld. Holzparenchym reichlich . . . . **Frenela** (*F. [Callitris] cupressiformis Vent.*)

24. Frühholztracheiden nur etwa 16—23 μ weit. Markstrahlen bei *L. tetragona* nicht über 10, bei *L. decurrens* bis 20 Zellen umfassend; diese 21 – 22 μ hoch, mit 1—5 (meist 1—2) Scheinhoftüpfeln. Holzparenchym ziemlich reichlich vorhanden . . . . . **Libocedrus** (*L. decurrens Torr. — L. tetragona Endl.*)

25. Tracheiden einreihig getüpfelt; an den Spätholztracheiden auch Tangentialtüpfel. Lichte der Frühtracheiden im Spätholz etwa 30 μ. Markstrahlen nicht über 15 (meist nicht über 10) Zellen umfassend. Markstrahlzellen 18 – 19 μ, mit 1 – 2 kleinen Tüpfeln im Kreuzungsfeld. Holzparenchym vorhanden, zumeist spärlich . . . . . **Cryptomeria** (*C. japonica Don.*)

26. Tracheiden einreihig getüpfelt, in den Frühholzzellen von *Ch. Lawsoniana* (Schaftholz) ca. 35 μ weit. Tangentialtüpfel vorhanden. Spätholzzellen oft fein gestreift. Markstrahlzellen

15—20 μ hoch, mit kleinen, scheinbar behöften Tüpfeln, deren meist 1—2 im Kreuzungsfeld. Holzparenchym vorhanden . . . . . **Chamaecyparis**

Ch. Lawsoniana Parl. — Ch. obtusa S. et Z. — Ch. pisifera S. et Z.

27. Frühtracheiden einreihig, im Schaftholz ab und zu auch zweireihig getüpfelt. Tangentialtüpfel je nach der Gattungsart in ungleicher Größe und Häufigkeit vorhanden. Markstrahlgewebe reichlich entwickelt. Viele Markstrahlen im Tangentialschnitt einzellig erscheinend; einzelne Markstrahlen bei *P. dacrydioides* über 20, bei *D. ferruginea* über 30 Zellen hoch. Markstrahlzellen sehr dünnwandig, 15—20 μ hoch, mit 1—2 (meist 1) Scheinhoftüpfeln im Kreuzungsfeld. Holzparenchym vorhanden . . . . . **Podocarpus**

(*P. andina Pöpp. — P. dacrydioides A. Rich. — P. Blumei Endl. — P. ferruginea P. Benn. — P. macrophylla Don. — P. Nageia R. Br. — P. neriifolia Don. — P. nubigena Lindl. — P. spinulosa R. Br.*)

28. Tracheiden schmal, mit einer Tüpfelreihe. Tangentialtüpfel vorhanden. Markstrahlen einschichtig, nicht über 12 Zellen (meist weniger als 10 Zellen) hoch. Markstrahlzellen ziemlich dickwandig, im Mittel 19 μ hoch, mit 1—4 kleinen Tüpfeln. Holzparenchym sehr spärlich . . . . . **Thujopsis**

(*Th. dolabrata S. et Z.*)

29. Frühtracheiden mit einer Tüpfelreihe. Markstrahlen selten aus mehr als 10 Zellen zusammengesetzt. Markstrahlzellen 19—20 μ hoch, mit 1—4 (meist 2) Scheinhoftüpfeln im Kreuzungsfeld. Tangentialtüpfel und Holzparenchym vorhanden. **Wellingtonia**

(*W. gigantea Lindl.*)

30. Frühtracheiden mit einer Tüpfelreihe. Tangentialtüpfel reichlich. Markstrahlzellen dünnwandig, 14—15 μ hoch, mit 2—5 sehr kleinen Tüpfeln im Kreuzungsfeld. Holzparenchym vorhanden . . . . . **Fitzroya**

(*F. patagonica Hook fil.*)

31. Frühholztracheiden englumig, 12—30 μ, häufig fein gestreift, stets einreihig getüpfelt. Markstrahlzellen im Tangentialschnitt fast kreisrund (besonders bei *Cupressus*) oder elliptisch (besonders bei *Thuja*) ohne Tüpfel oder mit einfachen Tüpfeln

(besonders bei *Juniperus*); Höhe der Zellen bei *Biota* und *Thuja* 15—19 μ, bei *Juniperus* 15—20 μ, bei *Cupressus* 18—20 μ. An der Radialwand 1—2 (häufig 1) Tüpfel im Kreuzungsfeld. Holzparenchym spärlich bis reichlich entwickelt Tangentialtüpfel fehlend oder (bei *Juniperus* meist) vorhanden . . . . . **Cupressus**

(*C. Benthami Endl.* — *F. funebris Endl.* — *C. glauca Lamk.* — *C. macrocarpa Hartw.* — *C. sempervirens L.* [inklusive *pyramidalis* und *fastigiata*] — *C. Macnabiana Andr.*)

Juniperus

(*J. communis L.* — *J. drupacea Labill.* — *J. excelsa Bieb.* — *J. foetidissima Willd.* — *J. Oxycedrus L.* — *J. phoenicea L.* — *J. rigida S. et Z.* — *J. Sabina L.* — *J. sinensis L.* — *J. virginiana L.*)

Thuja

(*Th. gigantea Nutt.* — *Th. plicata Don.* — *Th. Standishii Carr.*)

Biota.

(*B. orientalis Endl.*)

32. Frühholztracheiden im Schaftholz 60—70 μ weit, häufig mit zwei Tüpfelreihen; einzelne Tracheiden bis 80 μ und hin und wieder mit dreireihigen Tüpfeln; Frühholztracheiden im Astholz etwa 40 μ, mit ein- bis zweireihigen Tüpfeln. Tracheidentüpfel häufig querelliptisch mit den Abmessungen 28—34 μ × 24—26 μ. Markstrahlen ein- oder partiell zweischichtig. Markstrahlzellen im Schaft 30 μ, im Astholz 20 μ, mit 1—7 (meist 2—3) Scheinhoftüpfeln im Kreuzungsfeld. Letztere 12—14 μ lang, 8—9 μ breit. Holzparenchym spärlich, mit blutrotem Harz erfüllt. (Von *Taxodium* durch die rotbraune Farbe der Herbstholzellwände und die partiell zweireihigen Markstrahlen unterscheidbar) . . . . . **Sequoia**

(*S. sempervirens Endl.*)

33 *a*. Holzparenchym fehlend oder spärlich auftretend . . 34—35

33 *b*. Holzparenchym reichlich vorhanden 36

34. Frühholztracheiden einreihig; im Schaftholz bisweilen auch stellenweise zweireihig. Tangentialtüpfel vorhanden. Maximale Zellenzahl (tangential) je nach der Art 20, 30, 40. Bei *Abies firma* neben den für die Gattung *Abies* typischen einschichtigen

Markstrahlen hin und wieder auch solche, die in der Mitte zweischichtig erscheinen. Markstrahlzellhöhe 16–22 μ (häufigster Wert 17—18 μ) mit einem bis mehreren, zumeist einfachen Tüpfeln. Holzparenchym fehlend oder sehr spärlich . **Abies** (*A. Apollinis Lk. — A. balsamea Mill. — A. cephalonica Lk. — A. cilicica Carr. — A. concolor Lindl. — A. firma S. et Z. — A. Fraseri Lindl. — A. nobilis Lindl. — A. numidica de Lannoy. — A. Nordmanniana Lk. — A. pectinata DC. — A. Pinsapo Boiss. — A. sacchaliensis Mast. — A. sibirica Ledeb.*)

35. Frühtracheiden einreihig, im Schaftholz stellenweise auch zweireihig getüpfelt. Tangentialtüpfel reichlich vorhanden. Markstrahlen bis 20 Zellen hoch; letztere im Mittel 20 μ hoch, an der Radialwand mit ein — drei (meist 2) einfachen, fast kreisförmigen Tüpfeln. Holzparenchym spärlich, an der Grenze des Spätholzes auftretend, dickwandig . . . . **Pseudolarix** (*P. Kaempferi Fort.*)

36. Im allgemeinen der Bau von *Abies* . . . . . **Keteleeria** (*K. Fortunei Carr.*)

37 *a*. Markstrahlen einschichtig, ohne Harzgang 38

37 *b*. Markstrahlen entweder einreihig oder in der Mitte ihrer Höhe mehrschichtig und hier einen Harzgang einschließend . 39

38. Frühholztracheiden einreihig, im Schaftholz stellenweise auch zweireihig getüpfelt. Tangentialtüpfel vorhanden. Markstrahlzellen 22–23 μ hoch, mit 2—4 kleinen, einfachen oder scheinbar behöften Tüpfeln. Quertracheiden auch im Innern des Markstrahles. Holzparenchym spärlich . . . . . **Tsuga** (*T. canadensis Carr. — T. Mertensiana Carr. — T. Sieboldii Carr.*)

39 *a*. Epithelzellen der Markstrahlharzgänge dickwandig, relativ klein 40

39 *b*. Epithelzellen der Harzgänge dünnwandig, relativ groß . 43

40 *a*. An den Wänden mancher Quertracheiden stellenweise äußerst kleine, nach innen gerichtete spitze Vorsprungsbildungen 41

40 *b*. Wände der Quertracheiden glatt 42

41. Mittlere Weite der Frühtracheiden im Schaftholz 20—40 μ, im Astholz 15—29 μ; Tüpfel an der Radialwand im Schaftholz in der Regel einreihig; dann die Tüpfelpaare meist vereinzelt

auftretend, seltener mehrere übereinander stehend; im Astholz nur einreihige Tüpfel. Durchmesser des äußeren Tüpfelhofes 14—17 μ. In den Spätholztracheiden Streifung bis etwa zum 15. Jahresring deutlich wahrnehmbar. Tangentialtüpfel fast immer vorhanden. Mittlere Höhe der Parenchymzellen in den Markstrahlen 17—21 μ. Holzparenchym je nach den Arten der Gattung fehlend, spärlich oder reichlich vorhanden . **Picea** (*P. alba Lk. — P. Alkockiana Carr. — P. bicolor Mayr. — P. excelsa Lk. — P. Glehni Fr. Schmidt. — P. hondoensis Mayr. — P. Maximoviczii Rgl. — P. Morinda Lk. — P. obovata Ledeb. — P. Omorica Panc. — P. orientalis Lk. et Carr. — P. polita Carr. — P. pungens Engelm. — P. Schrenkiana Fisch. et May. — P. sitchensis Trautv. et May.*)

42. Mittlere Weite der Früchtracheiden im Schaftholz 20—60 μ, im Astholz 20—30 μ. Tüpfel an der Radialwand im Schaftholz ein- oder häufig zweireihig, im Astholz in der Regel einreihig. Durchmesser des äußeren Tüpfelhofes 14—24 μ. In den Spätholztracheiden Streifung bis etwa zum 20. Jahresring wahrnehmbar. Mittlere Höhe der Parenchymzellen 20—24 μ. Holzparenchym nicht vorhanden . . . . . **Larix** (*L. europaea DC. — L. leptolepis Endl.*)

43 *a*. Radialwände der Quertracheiden nach innen mit zackenförmigen Vorsprungsbildungen (»Zackenzellen«) . . . . . 44—45

43 *b*. Radialwände der Quertracheiden glatt (nicht zackenförmig verdickt) . . . . . 46—48

44. An der Radialwand der Markstrahlparenchymzellen nur ein großer, rhombischer oder augenlidförmiger, fast das ganze Kreuzungsfeld einnehmender Tüpfel. (Hie und da statt eines auch zwei relativ große Tüpfel.) Markstrahlzellen dünnwandig. Im Spätholze Tangentialtüpfel spärlich auftretend oder fehlend . . . . . **Pinus** (*ex part.*) (*P. densiflora S. et Z. — P. insularis Morel. — P. Khasiana Royle — P. lapponica Mayr — P. Laricio Poir. (var. austriaca et Pallasiana). — P. Massoniana Lamb. — P. montana Mill. (var. Mughus, pumilio, uncinata). — P. resinosa Sol. — P. silvestris L. — P. Thunbergi Parl. — P. tropicalis Morel.*)

45. An der Radialwand der Parenchymzellen des Frühholzes zwei bis sechs mittelgroße, meist elliptische oder eiförmige Tüpfel pro

Kreuzungsfeld. Markstrahlzellen dünn- oder dickwandig. Tangentialtüpfel in der Regel nicht vorhanden. **Pinus** (*ex part.*) (*P. Altamirani Shaw — P. arizonica Engelm. — P. Banksiana Lamb. — P. canariensis Chr. Smith — P. Caribaea Mor. — P. Chihuahuana Engelm. — P. clausa Vasey. — P. contorta Dougl. — P. Coulteri Lamb. — P. cubensis Griesb. — P. Engelmanni Carr. — P. glabra Walt. — P. halepensis Mill. — P. inops Sol. — P. insignis Dougl. — P. Jeffrey Murr. — P. leiophylla Schiede — P. leucodermis Ant. — P. Lumholzii Rob. — P. Mayriana Sudw. — P. Mercusii Jungh. — P. mitis Michx. — P. Montezumae Laub. — P. muricata Don. — P. Murrayana. Bay — P. occidentalis Sw. — P. oocarpa Schiede. — P. patula Schiede. — P. Pinaster Sol. — P. ponderosa Dougl. — P. Pringlei Shaw — P. Pseudostrobus Lindl. — P. pungens Michx. — P. pyrenaica Lapayr. — P. rigida Mill. — P. Sabiniana Dougl. — P. serotina Michx. — P. Taeda L. — P. Teocote Cham. — P. Torreyana Dougl. — P. tuberculata Gord.*)

46. Markstrahltüpfel wie bei Nr. 44. Spätholztracheiden mit (meist zahlreichen) Tangentialtüpfeln . . . . . **Pinus** (*ex part.*) (*P. albicaulis Engelm. — P. Cembra L. — P. excelsa Wall. — P. flexilis James. — P. Koreensis Sieb. — P. Lambertiana Murr. — P. luchuensis Mayr* (ohne Tangentialtüpfel). — *P. monticola Dougl. — P. parviflora S. et Z. — P. pentaphylla Mayr — P. Peuce Grieseb. — P. reflexa Engelm. — P. Strobus L.*)

47. Markstrahlparenchym mit reichlich und hochgetüpfelten (dadurch dick erscheinenden) Wänden (»Abietineentüpfelung«). An der Radialwand mehrere kleine kreis- oder linsenförmige Tüpfel im Kreuzungsfeld, dadurch die Markstrahlen an jene der Gattung *Picea* erinnernd. Tangentialtüpfel . . . . **Pinus** (*ex part.*) (*P. aristata Engelm. — P. Bungeana Zucc. — P. Balfouriana Jeffr. — P. edulis Engelm. — P. Gerardiana Wall. — P. monophylla Torr. — P. Nelsoni Shaw — P. osteosperma Engelm. — P. Parryana Engelm. — P. Pinea L.*)

48. Quertracheiden mit stark und unregelmäßig verdickten Wänden. Parenchymzellen dickwandig, mit mehreren größeren Tüpfeln im Kreuzungsfeld. Spätholztracheiden ohne Tangentialtüpfel. (*P. longifolia Roxb.*) **Pinus** (*ex part.*

Orientierende Untersuchungen über die Atmung gesunder und infolge von Kalkmangel erkrankter Keimlinge von Phaseolus vulgaris

von

Leopold Ritter von Portheim und **Max Samec.**

Mit 1 Textfigur.

Eingelangt am 9. August 1907.

Anläßlich unserer Untersuchungen »Über die Verbreitung der unentbehrlichen anorganischen Nährstoffe in den Keimlingen von *Phaseolus vulgaris*«[1]) haben wir auf die auffallende Tatsache hingewiesen, daß die größeren, in normalen Nährlösungen kultivierten Keimlinge gegenüber den kleineren, in kalkfreien Lösungen gezogenen zur Zeit der Erkrankung der letzteren ein geringeres Trockengewicht aufwiesen.

Es wurde gleichzeitig die Vermutung ausgesprochen daß diese Gewichtsdifferenz auf die stärkere dissimilative Tätigkeit der gesunden Bohnen zurückzuführen sei.

Da die gesunden Keimlinge längere Achsenorgane und größere Primordialblätter als die kalkfrei gezogenen entwickelt hatten, so konnte bei ihnen die Atmung auf einer größeren Fläche vor sich gehen. Außerdem wuchsen die gesunden Pflanzen rascher als die kranken, der Stoffwechsel ging schneller vor sich, daher mußte auch eine Beschleunigung und Vermehrung der dissimilativen Vorgänge damit Hand in Hand gehen. Es ist auch zu berücksichtigen, daß die normale Knopsche Nährlösung mehr Mineralnährsalze enthielt als die kalkfreie Lösung. Erstere enthielt salpetersauren Kalk, welcher

[1]) Portheim v. L. und Samec M., Über die Verbreitung der unentbehrlichen anorganischen Nährstoffe in den Keimlingen von *Phaseolus vulgaris*. I. Flora oder Allg. bot. Ztg. 1905, Bd. XCIV, 2. H., S. 274.

in letzterer fehlte. Nun ist es nach Prianischnikow[1]) gerade der Kalk, welcher bei *Vicia sativa*-Keimlingen anregend auf die Atmung wirkt, bei *Raphanus*-Keimlingen kommt nach Krzemieniewski[2]) diese Funktion hauptsächlich dem Kali und der Salpetersäure zu. Wenn sich die Keimlinge von *Phaseolus vulgaris* so wie die genannten Keimlinge verhalten, so könnte das Plus an Kalk und Salpetersäure in der Normallösung eine Beschleunigung der Atmung der gesunden Keimlinge den kranken Keimlingen gegenüber zur Folge haben.

Die Versuche, über die im nachfolgenden berichtet werden soll, hatten den Zweck, die Richtigkeit unserer Ansicht zu prüfen. Unser Augenmerk richtete sich vor allem auf die Atmung und es handelte sich uns darum, festzustellen, ob, wann und unter welchen Bedingungen die Abgabe des Kohlendioxyds bei den Normalpflanzen intensiver vor sich geht als bei den kalkfrei gezogenen.

Die Versuchsanstellung war die folgende: Zwei gleich große tubulierte, zirka 9 *l* fassende Glasglocken, deren Rand abgeschliffen war, wurden auf matt geschliffene Glasplatten aufgelegt und mit Hahnfett gedichtet.

In den Glocken wurde je eine $1^1/_2$ *l* fassende Porzellanschale untergebracht und mit 25 Keimlingen von *Phaseolus vulgaris*, welche bereits zirka 1 *cm* lange Wurzeln entwickelt hatten, beschickt. Die Schale einer Glocke enthielt normale Knopsche Nährlösung, die der anderen Glocke die analoge Lösung, bei der das $Ca(NO_3)_2$ weggelassen worden war.

Die Kulturen wurden in ähnlicher Weise, wie dies bereits bei früherer Gelegenheit beschrieben wurde[3]), ausgeführt.

Eine Neuerung, welche sich sehr bewährte, bestand nur darin, daß diesmal der Organtin, statt mit Bindfaden befestigt zu werden, mit *S*-förmig gebogenen Nickeldrahtstiften über dem Substrat auf den Schalen aufgespannt wurde. Dadurch wurde das lästige kapillare Überfließen der Nährlösung vollständig vermieden und der Organtin konnte besser gespannt werden.

---

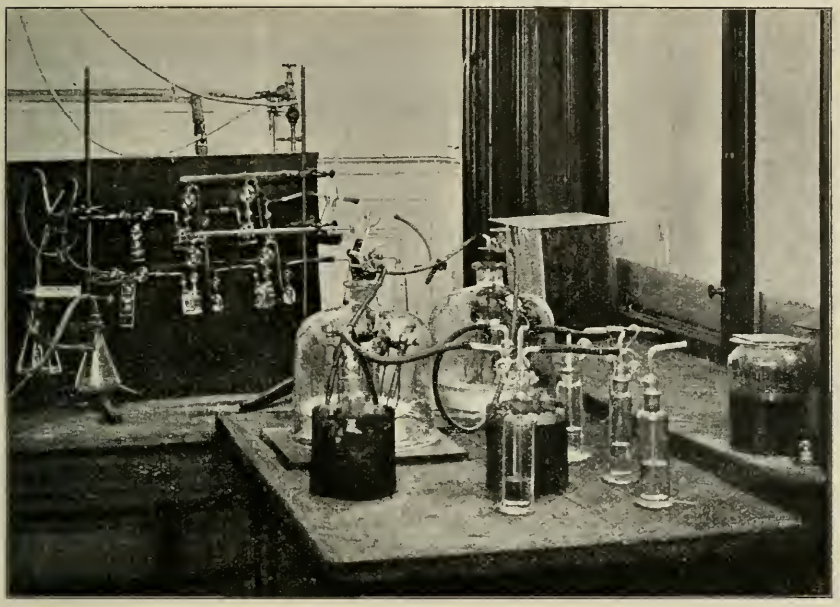
[1]) Prianischnikow Dm., Zur Kenntnis der Keimungsvorgänge bei *Vicia sativa*. Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen 1894, Bd. XLV, S. 247, 274.

[2]) Krzemieniewski S.. Über den Einfluß von Mineralnährsalzen auf den Verlauf der Atmung der keimenden Samen. Extrait du bulletin de l'académie des sciences de Cracovie. Classe des sciences mathematiques et naturelles. Mars 1902, S. 163, 176.

[3]) Portheim v. L. und Samec M, l. c. S. 267.

Durch einen den Tubulus der Glasglocken schließenden doppelt gebohrten Kautschukstöpsel führte ein rechtwinkelig gebogenes Glasrohr mit einem Hahn. Das äußere Ende des Rohres stand mit einem Apparat in Verbindung, der die in die Glocke einströmende Luft reinigen und von CO_2 befreien sollte.

Zu diesem Zwecke wurden sechs 75 *cm* lange Glasröhren mit einem Durchmesser von 1 *cm* mit ausgeglühtem Natronkalk, Chlorkalzium und Glaswatte gefüllt und zu einem System zusammen-



gestellt. Die Luft, welche dieses Röhrensytem passierte, wurde, bevor sie durch das Glasrohr in die Glocke gelangte, in einem Apparat dreimal durch höchstkonzentrierte Kalilauge geleitet. Bei späteren Versuchen wurden die Natronkalk- und Chlorkalziumröhren fortgelassen.

In der zweiten Öffnung des Stöpsels befand sich ein Gasableitungsrohr. An dieses Rohr wurde ein Trockenapparat, welcher konzentrierte Schwefelsäure enthielt, geschaltet und an denselben ein gewogener Kali- und Natronkalkapparat (System Stritar) gefügt. Das Ganze wurde durch ein nichtgewogenes Chlorkalzium-Natronkalkrohr geschlossen.

Bei einer großen Anzahl von Versuchen wurden bloß Kaliapparate, welche nach unseren Angaben hergestellt wurden, verwendet. Vor dem Kaliapparatsystem wurde ein Blasenzähler eingeschmolzen, welcher, mit destilliertem Wasser gefüllt, die durch die Schwefelsäure getrocknete Luft wieder so weit mit Feuchtigkeit sättigen sollte, daß bei längerer Versuchsdauer die Kalilauge des eigentlichen Absorptionsapparats nicht eintrocknete. Aus diesen Apparaten strich die Luft durch ein mit konzentrierter Schwefelsäure gefülltes gewogenes Absorptionsgefäß und gelangte von da durch ein Natronkalk und Chlorkalzium enthaltendes Vorschaltgefäß und durch ein Bunsensches Ventil zum Wasserstrahlaspirator.

Die Abbildung auf Seite 115 zeigt die Versuchsanstellung.

Wurde der Aspirator in Tätigkeit gesetzt und der Hahn des Glasrohres geöffnet, so strömte die Luft durch das Reinigungssystem in die Glocken und verdrängte dort die darin enthaltene Luft, welche nun durch den Trockenapparat und durch die gewogenen Apparate weitergeleitet wurde.

Aus der Gewichtszunahme dieser Apparate ergab sich die Menge des in den Glocken enthalten gewesenen Kohlendioxyds.

Um die Intensität des Atmungsprozesses der gesunden und kranken Keimlinge unter den verschiedensten Wachstumsbedingungen kennen zu lernen, kamen 28 Versuchsreihen zur Aufstellung.

Nach dem Auftreten der Erkrankung bei den kalkfrei gezogenen Keimlingen wurden die Versuche abgebrochen und der Kohlendioxydgehalt der Glockenluft festgestellt.

Bei manchen Versuchen machten wir, bevor die Pflanzen erkrankten, mehrere CO_2-Bestimmungen.

Die Keimlinge wurden gemessen und behufs Feststellung des Gewichtes der Trockensubstanz bei 110° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Bei einigen Versuchen prüften wir die Nährlösungen nach Abbruch des Versuches auf das Vorhandensein organischer Substanz mit Kaliumpermanganat.

Bei den kalkfreien Kulturen konnte das ungleichmäßige Erkranken der Keimlinge und das Auftreten von Bakterien nicht berücksichtigt werden.

Da bei unseren ursprünglichen Versuchen die Nährlösungen nicht mit einer Ölschicht bedeckt worden waren, so wurde auch diesmal davon Abstand genommen und die Absorption des CO_2

durch das Wasser nicht berücksichtigt, handelte es sich uns doch hauptsächlich um die Feststellung relativer Werte.

Die Resultate unserer Versuche sind in der Tabelle auf Seite 122 und 123 übersichtlich zusammengestellt.

Es finden sich darin folgende Angaben:

1. Nummer der Versuchsreihe.

2. Versuchsbedingungen. Hier wird angegeben, ob die Keimlinge in CO_2-haltiger oder CO_2-freier Luft gezogen und bei welcher Maximaltemperatur sie kultiviert wurden. Der erste Teil der Tabelle enthält die Angaben über die Lichtkulturen, der zweite Teil die über die Dunkelkulturen.

3. Dauer des Versuches.

4. Länge der oberirdischen Organe und der Wurzeln der in normaler Knopscher Nährlösung und in der Nährlösung ohne Kalk kultivierten Keimlinge.

5. Gewicht der während der Versuchsdauer von den gesunden und kranken Bohnen ausgeschiedenen CO_2-Menge und die daraus resultierende Differenz.

6. Gewicht der Trockensubstanz der gesunden und kranken Keimlinge und die sich daraus ergebende Gewichtsdifferenz.

7. Das Trockengewicht von 25 Samen, welche derselben Partie wie die Versuchspflanzen entnommen wurden.

Gewichtsabnahme der normal und kalkfrei gezogenen Keimlinge von *Phaseolus vulgaris* nach Abbruch des Versuches gegenüber den Kontrollsamen.

8. Feststellung des Verhältnisses zwischen der von den gesunden und der von den kranken Keimlingen ausgeschiedenen CO_2-Menge.

9. Berechnung des Verhältnisses des Gewichtes der den beiden Kulturen entsprechenden Trockensubstanzen.

10. Das Verhältnis des ausgeschiedenen CO_2 zur Gewichtsabnahme der gesunden oder kranken Keimlinge den Kontrollsamen gegenüber.

11. Kohlendioxydausscheidung beider Arten von Versuchspflanzen, im Durchschnitt pro Tag berechnet.

Schließlich wird verzeichnet, bei welchen Kulturen eine Reduktion einer $^1/_{10}$ Normal-Kaliumpermanganatlösung durch die Nährlösung beobachtet werden konnte.

Die Resultate der sechs Vorversuche wurden in die Tabelle nicht aufgenommen.

Die Versuchsreihen, d. h. je eine Glocke mit in normaler Knopscher Nährlösung gezogenen Bohnenkeimlingen und eine solche mit in kalkfreier Lösung kultivierten Keimlingen kamen unter verschiedenen Vegetationsbedingungen zur Aufstellung. Es lassen sich diesbezüglich vier Gruppen unterscheiden.

I. Gruppe: Versuchsreihen: Lichtkulturen: 1, 2. Dunkelkulturen: 15, 16.

Die Kulturschalen mit den 25 Keimlingen von *Phaseolus vulgaris* wurden unter die Glocken, aus denen das Kohlendioxyd nicht entfernt wurde, gestellt und darinnen bis zum Auftreten der Krankheitserscheinungen infolge von Kalkmangel belassen.

Bei der Versuchsreihe 1, welche im Licht zur Aufstellung kam, waren die normalen Keimlinge schwerer als die kalkfrei gezogenen, während sie bei den Dunkelversuchen leichter waren.

Bei der zweiten Versuchsreihe im Licht wurden die gesunden Keimlinge bloß so lange kultiviert, bis ihre oberirdischen Organe die Länge der kalkfrei gezogenen Bohnen zur Zeit der Erkrankung erreichten. Obzwar die Wurzeln der kranken Keimlinge kürzer waren als die der gesunden, so hatte die Trockensubstanz der ersteren doch ein größeres Gewicht als die der letzteren.

Die CO_2-Ausscheidung war bei der ersten Versuchsreihe im Licht und bei den Versuchsreihen im Dunkeln bei den Normalkeimlingen größer als bei den kranken Keimlingen.

Dasselbe Resultat erhält man auch bei der Versuchsreihe Nr. 2 im Licht, wenn man das pro Tag ausgeatmete CO_2 berechnet. Die gesunden Keimlinge wurden vier Tage kultiviert und gaben in dieser Zeit 1·248 *g* CO_2 ab, dies entspricht einer durchschnittlichen Abgabe pro Tag von 0·312 *g*. Die entsprechenden Werte für die kranken, sechs Tage kultivierten Keimlinge sind 1·739 *g* und 0·290 *g*.

II. Gruppe: Versuchsreihen: Lichtkulturen: 3, 4, 5. Dunkelkultur: 17.

Nachdem die Kulturen angesetzt worden waren, wurde die in den Glocken enthaltene kohlensäurehaltige Luft durch kohlensäurefreie ersetzt und der Versuch nun so bis zur Erkrankung der kalkfrei gezogenen Keimlinge stehen gelassen.

Das Trockengewicht der gesunden Keimlinge ist bei dieser Gruppe von Versuchen im Licht größer, im Dunkeln kleiner als das der kranken. Die Normalpflanzen haben sowohl im Licht als auch im Dunkeln mehr CO_2 als die kalkfrei kultivierten Bohnen ausgeschieden.

III. Gruppe: Versuchsreihen: Lichtkulturen: 6, 7, 8, 9, 10. Dunkelkulturen: 18, 19.

Gleich, nachdem die Versuchspflanzen unter die Glocken gebracht worden waren, wurde der Aspirator in Tätigkeit gesetzt und CO_2-freie Luft bis zur Beendigung des Versuches durch die Glocken geleitet. Der Absorptionsapparat wurde erst nach Verdrängung der kohlensäurehaltigen Luft durch kohlensäurefreie eingeschaltet.

Im Dunkeln war auch hier das Trockengewicht der kranken Keimlinge größer als das der gesunden, im Licht aber waren die Resultate nicht gleichmäßig. Bei den Versuchsreihen 6 und 7 war die Trockensubstanz der Normalkeimlinge leichter, bei den Versuchsreihen 8, 9 und 10 aber schwerer als die der kalkfrei kultivierten Bohnen.

Bei allen Versuchsreihen atmeten die gesunden Keimlinge intensiver als die kranken.

IV. Gruppe: Versuchsreihen: Lichtkulturen: 11, 12, 13, 14. Dunkelkulturen: 20, 21, 22.

Die Keimlinge von *Phaseolus vulgaris*, an denen wir im Jahre 1904 unsere Beobachtungen gemacht hatten, waren frei in sehr großen Kulturkästen gezogen worden, während unsere jetzigen Versuchspflanzen unter geschlossenen Glocken kultiviert werden mußten.

Um nun die durch das Einschließen hervorgerufene Veränderung der Wachstumsverhältnisse möglichst zu vermeiden und um die Pflanzen unter annähernd normalen Bedingungen zu ziehen, wurden bei dieser Gruppe von Versuchen die Glocken zeitweise gelüftet.

Der ursprüngliche CO_2-Gehalt der Glockenluft wurde ermittelt und bei Feststellung des ausgeatmeten Kohlendioxyds, was vor jeder Lüftung erfolgte, in Abzug gebracht.

Bei der 11. Versuchsreihe wurden die Glocken am dritten Tag nach der Aufstellung durchlüftet. Die gesunden Keimlinge hatten bis dahin 0·329 *g*, die kranken 0·236 *g* CO_2 abgegeben.

Die Stengelorgane waren bei beiden Arten von Versuchspflanzen zirka 5 *cm* lang.

Nach weiteren drei Tagen wurde der Versuch abgebrochen und ergab folgende Resultate:

Gesunde Keimlinge: Durchschnittslänge der Stengelglieder: 18 *cm*
abgegebenes CO_2 . . . . . 1·996 *g*
Kranke Keimlinge: Durchschnittslänge der Stengelglieder: 8 *cm*
abgegebenes CO_2 . . . . . 1·457 *g*

Bei der nächsten Versuchsreihe, der 12., wurde jeden zweiten Tag durchlüftet. Im nachfolgenden werden die vor jeder Durchlüftung festgestellten Mengen des ausgeschiedenen Kohlendioxyds angegeben.

Gesunde Keimlinge:					Kranke Keimlinge:				
Nach		2	Tagen:	0·163 *g*	Nach		2	Tagen:	0·116 *g*
»	weiteren	2	»	0·192 »	»	weiteren	2	»	0·230 »
»	»	2	»	0·331 »	»	»	2	»	0·256 »
»	»	2	»	0·332 »	»	»	2	»	0·417 »
»	»	2	»	0·175 »	»	»	2	»	0·212 »
»	»	2	»	0·724 »	»	»	2	»	0·702 »
»	»	2	»	0·265 »	»	»	2	»	0·045 »
Also nach		14	Tagen:	2·182 *g*	Also nach		14	Tagen:	1·978 *g*

Bei der 13. Versuchsreihe wurde zum erstenmal am dritten Tag nach der Aufstellung gelüftet, zum zweitenmal zwei Tage später. Nach weiteren vier Tagen wurde der Versuch abgebrochen. Die 14. Versuchsreihe lieferte folgende Ergebnisse:

Ausgeschiedenes CO_2

bei den gesunden Keimlingen:					bei den kranken Keimlingen:				
Nach		2	Tagen:	0·816 *g*	Nach		2	Tagen:	0·632 *g*
»	weiteren	2	»	0·102 »	»	weiteren	2	»	0·212 »
»	»	2	»	0·456 »	»	»	2	»	0·400 »
»	»	2	»	0·271 »	»	»	2	»	0·219 »
Also nach		8	Tagen:	1·645 *g*	Also nach		8	Tagen:	1·463 *g*

Bei den Dunkelversuchen wurde bei der 20. Versuchsreihe jeden zweiten Tag durchlüftet, bei der 21. Versuchsreihe konnte die Durchlüftung nur einmal, und zwar am zweiten Tage nach der Aufstellung des Versuches erfolgen, da die kalkfrei gezogenen Keimlinge schon am dritten Tage erkrankten.

Bei der 22. Versuchsreihe wurden die Glocken erst am sechsten Tage nach der Aufstellung des Versuches mit frischer kohlensäurehaltiger Luft gefüllt. An diesem Tage hatten die oberirdischen Organe der gesunden Bohnen eine Länge von zirka 12 *cm*, die der kranken eine solche von zirka 9 *cm*. Erstere hatten 0·945 *g*, letztere 0·837 *g* CO_2 ausgeatmet. Nach Abbruch des Versuches wurde für die 20 *cm* langen Normalkeimlinge eine Kohlen-

dioxydabgabe von 1·745 *g*, für die kalkfrei kultivierten Keimlinge eine soche von 1·739 *g* ermittelt.

Obgleich die kalkfrei gezogenen Keimlinge während der Entwicklung manchmal mehr CO_2 abgaben als die normal gezogenen, war das Endresultat doch stets das gleiche, indem für die ersteren eine geringere Menge von ausgeschiedenem CO_2 gefunden wurde als für die letzteren.

Bei Kultur im Dunkeln war das Trockengewicht der kalkfrei gezogenen Bohnen größer als das der Kalkpflanzen; dasselbe war diesmal auch bei drei Versuchsreihen der Lichtkulturen der Fall, nur bei einer Versuchsreihe im Licht, der 13., wog die Trockensubstanz der gesunden Keimlinge mehr als die der kranken.

Aus Vorstehendem und aus der Tabelle ist zu ersehen, daß das Gewicht der Trockensubstanz der in normaler Knopscher Nährlösung gezogenen Keimlinge von *Phaseolus vulgaris* im Dunkeln stets kleiner war als das der kalkfrei gezogenen zur Zeit der Erkrankung der letzteren, gleichgültig, unter welchen Vegetationsbedingungen die Keimlinge kultiviert wurden.

Bei den Lichtkulturen waren die Resultate schwankend. Manchmal waren es die kranken, manchmal die gesunden Keimlinge, welche das größere Trockengewicht aufwiesen. Bei Durchsicht der Tabelle ergibt sich, daß, wenn die Glocken geschlossen blieben, also wenn weder kohlensäurefreie noch kohlensäurehaltige Luft in dieselben geleitet wurde, die gesunden Keimlinge, abgesehen von der 2. Versuchsreihe, bei der die gesunden Keimlinge nicht genügend lang kultiviert worden waren, schwerer waren als die kranken.

Es waren dies die Versuchsreihen, bei denen eine Ansammlung des Kohlendioxyds während der Versuchsdauer stattfinden konnte.

Wurde für eine rasche Ableitung des sich ansammelnden CO_2 gesorgt, sei es, indem man einen genügend starken Strom CO_2-freier Luft durch die Glocken leitetete, sei es, daß durch rechtzeitiges Abheben der Glocken wieder Luft mit normalem CO_2-Gehalt zu den Keimlingen gelangte, so konnte nach Abbruch des Versuches bei den kranken Keimlingen den normalen gegenüber ein größeres Gewicht der Trockensubstanz konstatiert werden. (Versuchsreihen: 6, 7, 11, 12, 14.)

War die Durchlüftung ungenügend, so war das Trockengewicht der Normalkeimlinge größer als das der kalkfrei gezogenen. (Versuchsreihen: 8, 9, 10, 13.)

Versuchsreihe-Nr.	Versuchsbedingungen	Temperatur	Dauer des Versuches, Tage	Länge der Keimlinge in cm				Ausgeschiedenes CO_2 in g			Trockengewicht in g		
				gesunde		kranke							
				Stengel	Wurzel	Stengel	Wurzel	gesd. Keimlinge	krank. Keimlinge	Differenz	gesunde Keimlinge	kranke Keimlinge	Differenz
													Licht-
1	Geschloss. Glocken mit CO_2	25	6	19	7	18	3	2·073	1·594	+ 0·479	3·948	3·810	+ 0·138
2	„	25	4	13	6	—	—	1·248	—	—	4·764	—	—
2	„	25	6	—	—	13	3	—	1·739	—	—	4·784	— 0·020
3	Geschloss. Glocken ohne CO_2	25	8	21	8	17	3	2·626	2·372	+ 0·254	4·250	3·884	+ 0·366
4	„	14–15	11	9·4	8·3	8·8	4·5	1·563	1·171	+ 0·392	4·053	3·882	+ 0·171
5	„	15	10	9	5·8	6·9	2·3	1·569	1·249	+ 0·320	4·075	3·898	+ 0·177
6	CO_2-freie Luft durchstreichend durch die Glocken	25	5	15	7	6	3	1·991	1·527	+ 0·464	4·331	4·475	— 0·144
7	„	16	9	10	8·1	5·6	3	1·983	1·303	+ 0·680	3·663	4·235	— 0·572
8	„	16	11	11·6	10·7	7·2	3·7	1·717	1·431	+ 0·286	4·000	3·885	+ 0·115
9	„	15	12	15·3	10·3	7·9	3·8	2·402	1·890	+ 0·512	3·620	3·530	+ 0·090
10	„	15	12	12·8	10·4	8·1	3·8	2·549	1·553	+ 0·996	4·274	4·230	+ 0·040
11	Glocken durchlüftet mit CO_2-haltiger Luft	25	6	18	6	8	2	1·996	1·457	+ 0·539	4·825	5·513	— 0·688
12	„	14	14	16	8	12	5	2·182	1·978	+ 0·204	4·033	4·498	— 0·465
13	„	15	9	7·3	6·1	4·9	3·1	1·442	0·962	+ 0·480	4·352	4·152	+ 0·200
14	„	20	8	12	8	7	3	1·645	1·463	+ 0·182	4·173	4·267	— 0·094
													Dunkel-
15	Geschloss. Glocken mit CO_2	18	7	—	—	—	—	0·603	0·538	+ 0·065	3·819	4·590	— 0·771
16	„	18	7	9·6	9·1	4	3	0·610	0·502	+ 0·108	4·447	4·885	— 0·438
17	Geschloss. Glocken ohne CO_2	11	15	18	6	8	4	1·914	1·499	+ 0·415	4·310	4·565	— 0·255
18	CO_2-freie Luft durch die Glocken streichend	24	4	9·8	8·6	3·5	3·2	1·194	0·908	+ 0·286	4·407	5·067	— 0·660
19	„	17	6	11·1	9·6	5·3	4·4	1·298	0·991	+ 0·307	5·596	6·169	— 0·573
20	Glocken durchlüftet mit CO_2-haltiger Luft	16	6	10·9	9·1	5·7	4·1	0·654	0·499	+ 0·155	3·952	4·011	— 0·059
21	„	24	3	18·3	6·3	6·8	3·5	0·782	0·691	+ 0·091	5·504	6·690	— 1·186
22	„	15	9	20	7	13	5	1·745	1·739	+ 0·006	4·367	4·390	— 0·023

Die Pluszeichen zeigen an, daß das Gewicht des ausgeschiedenen CO_2 und das kranken. Ist das Trockengewicht der letzteren größer als das

Trockengewicht der Kontroll-samen in Gramm	Gewichtsabnahme gegenüb. den Samen bei d. Keimlingen		Ausgeschied. CO_2, Verhältnis der ges. zu den krank. Keimling	Trockengewicht, Verhältnis der ges. Keimlinge zu den kranken	Verhältnis des ausgeschied. CO_2 zur Gewichtsabnahme gegenüber den Samen		CO_2-Ausscheidung pro Tag in g			Anmerkungen
	gesunde	krank.			gesunde Keimlinge	kranke Keimlinge	gesd. Keimlinge	krank. Keimlinge	Differenz	
kulturen										
5·327	1·379	1·517	1·30	1·04	1·50	1·05	0·346	0·266	+ 0·080	Die kalkfreie Lösung entfärbt mehr $KMnO_4$ als die kalkhaltige
6·186	1·422	—	—	—	—	—	0·312	—	—	
6·165	—	1·381	—	—	—	—	—	0 290	+ 0·022	
6·400	2 150	2·516	1·11	1·09	1·22	0·94	0·328	0 297	+ 0·031	Die kalkfreie Lösung entfärbt mehr $KMnO_4$ als die kalkhaltige
5·622	1·569	1·740	1·33	1·04	1	0·67	0·142	0·106	+ 0·036	
5·647	1·572	1·749	1·26	1·05	1	0·71	0·157	0·125	+ 0·032	
5 884	1·553	1·409	1·30	0·97	1·28	1·08	0·398	0·305	+ 0·093	
5·133	1·470	0·898	1·52	0·86	1·35	1·45	0·220	0·145	+ 0·075	
5·114	1·114	1·229	1·20	1·03	1·54	1·16	0·156	0·130	+ 0·026	
5·500	1·880	1·970	1·27	1·03	1·28	0·96	0·200	0·158	+ 0·042	
5·938	1·664	1·703	1·64	1·01	1·53	0·91	0·212	0·129	+ 0·083	
6 587	1·762	1·074	1·37	0·88	1·13	1·36	0·333	0·243	+ 0·090	
5·608	1·575	1·110	1·10	0·90	1·39	1·78	0·156	0·141	+ 0 015	
5·564	1·212	1·412	1·50	1·05	1·19	0·68	0·160	0·107	+ 0·053	
5·646	1·473	1·379	1·12	0·98	1·12	1·06	0·118	0·105	+ 0·013	
kulturen										
5·671	1·852	1·081	1·12	0·83	0·33	0·50	0·086	0·077	+ 0·009	
5·540	1·093	0·655	1·22	0·91	0 56	0·76	0 087	0·072	+ 0·015	
6 009	1·699	1·444	1·28	0·94	1·13	1·04	0·128	0·100	+ 0·028	
5·842	1·435	0·775	1·31	0·87	0 83	1·16	0·299	0 227	+ 0·072	
7·036	1·440	0·867	1·31	0·91	0·90	1·13	0·216	0·165	+ 0·051	
5 436	1·484	1·425	1·31	0·99	0·44	0·35	0·109	0·083	+ 0·026	
7·239	1·735	0·549	1·13	0·82	1·26	0·66	0·261	0·230	+ 0·031	
5 730	1·363	1·340	1	0·99	1·28	1·30	0·194	0·193	+ 0·001	

Gewicht der Trockensubstanz der gesunden Keimlinge größer ist als das der der ersteren, so wird dies durch das Minuszeichen angedeutet.

Aus diesen Befunden für die Versuche im Licht und aus der Tatsache, daß die kranken Keimlinge nur im Dunkeln stets schwerer waren als die gesunden, geht hervor, daß das größere oder kleinere Gewicht der Trockensubstanz der gesunden Keimlinge den kranken gegenüber im Licht abhängig war von der Ansammlung des Kohlendioxyds in der Umgebung der Keimlinge und von der dadurch bedingten Beeinflussung der Assimilation.

Was das Verhältnis der durch die Kaliapparate festgestellten Kohlendioxydquantität zur Gewichtsabnahme der Trockensubstanz bei den Versuchspflanzen betrifft, so zeigt dasselbe keine absolute Konstanz, selbst bei gleicher Versuchsanstellung sind manchmal größere Schwankungen zu beobachten.

Eine solche Konstanz ist nicht zu erwarten, da der dieses Verhältnis anzeigende Quotient beeinflußt wird von der zur Verfügung stehenden Sauerstoffmenge, von dem tatsächlich ausgeschiedenen Kohlendioxyd abzüglich des assimilierten CO_2 und der Gewichtszunahme, welche durch Eintritt des Wassers in den molekularen Aufbau des Pflanzenkörpers herbeigeführt wird.

Unsere Versuche haben trotz der Kompliziertheit der Stoffwechselvorgänge während der Entwicklung der Keimlinge bei den zur Anwendung gebrachten Versuchsmethoden folgendes ergeben:

Die in normaler Knopscher Nährlösung kultivierten Keimlinge von *Phaseolus vulgaris* atmen stets intensiver als die gleichalten, infolge von Kalkmangel in der Nährlösung erkrankten Keimlinge.

Das geringere Trockengewicht, welches die gesunden Keimlinge den gleichaltrigen, im Wachstum zurückgebliebenen kranken gegenüber bei Kultur unter normalen Vegetationsbedingungen im Licht und im Dunkeln aufweisen, ist auf intensivere dissimilative Vorgänge im Lebensprozesse der normal gezogenen *Phaseolus*-Keimlinge, insbesondere auf die stärkere Kohlendioxydabgabe zurückzuführen.

Biologische Versuchsanstalt in Wien, im August 1907.

On the Localisation of Geo-perception in the Cotyledon of Sorghum

by

Francis Darwin.

Mit 7 Textfiguren.

Eingelangt am 10. August 1907.

I. Introductory.

Some years ago[1]) I showed that, when a seedling of Sorghum or Setaria is supported in a horizontal position by the cotyledon, the hypocotyl does not assume a vertical position under the influence of gravitation, but curves into a series of rings or spirals. This seemed to be explicable only on the assumption that the cotyledon is geo-perceptive and that since it remains horizontal the hypocotyl is stimulated to continuous curvature. Miehe[2]) has recently suggested that another explanation is possible; other writers having moreover expressed doubts as to the validity of the proof, it seems desirable to supply fresh evidence. Miehe's chief objection is identical in principle with the doubt expressed in my paper on the localisation of geo-perception in the root-tip[3]). Miehe points out that the behaviour of the seedlings is explicable with the aid of our knowledge of the intercalary character of the growth of the hypocotyl. Assuming that the hypocotyl is geo-perceptive, each new intercalary zone will bend upwards by its own geotropism and will carry with it the older zones, in this way the hypocotyl may be carried past the vertical. If the power of growth is lost in the older zones with great rapidity, there may be

[1]) Annals of Botany 13, 1899, p. 567.
[2]) Pringsheims Jahrb. 37, 1902, p. 584.
[3]) F. Darwin. Journal Linn. Soc. 36, p, 272.

no possibility of the hypocotyl reversing its curvature and thus returning to the vertical. If this were so there seems no doubt that a corkscrew effect would be produced. It is certain that the region of growth is near the cotyledon, as Rothert showed to be the case [1]) with *Setaria*. He marked the hypocotyl at distances of $1^1/_2$ *mm* and found after 23 hrs. that the average growth of the four zones (beginning with the one next the cotyledon) was 465, 120, 28, 5 p. c. In another experiment he got 127, 55, 8 p. c. In acropetal growth however it is important to know the distribution of growth for shorter intervals of time. We therefore made a series of observations on the growth of Sorghum: the hypocotyl was marked at intervals of about 2 *mm* the distances between which were carefully determined with a horizontal microscope (20 divisions of the micrometer = one millimetre), and again after an interval of a few hours.

Table I.

	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4		growing in *mm*
Time	Length	P. C.	Length	P. C.	Length	P. C.	Length	P. C.	
3 h 25'	19	42	10	20	12	33	20	20	3 *mm*
3 h 25'	50	24	26	30	33	12	31	0	5 *mm*
4 h 24'	42	21	40	50	43	18	32	6	6 *mm*
5 h 15'	50	80	67	49	50	0			6 *mm*
3 h 37'	28	21	29	41	25	20			4 *mm*

Note: Zone 1 in next the colytedon.

The results are given in Table I. Under the heading »Time« are given the periods of time between marking the seedlings and re-measuring them. Under the heading »Zone 1«, »Zone 2«, etc., are given the original lengths of the zones and the increase expressed as a percentage. In these columns the length is given in terms of micrometer graduations but in the last columm the original length of the region which has shown decided growth is given in millimetres. The experiments given are selected as typical out of a number of similar trials. It is clear that a region of from 3 to 6 *mm* may at a given moment be growing to a fair amount and that the growth is more evenly distributed than is obvious in Rotherts experiments. These results suggest that reversal of the

[1]) Cohns Beiträge 7, p. 68.

curvature may be possible and this I find to be the case to a considerable extent.

The experiments consist in fixing Sorghums horizontally, either in tubes or in gypsum, until they curve upwards through some 40—50°, they are then reversed, i. e., the cotyledon, by which they are supported, is rotated through 180°, and they are left in the new position until they have again curved markedly upwards. They are then carefully sketched so as to show the degree to which the first curvature is still visible. The experiments were made in damp air in the dark at a temperature of 24—25°. I am indebted to Miss Pertz for making the tracings shown in the accompanying figures.

Experiment 1. After 2 hours the seedling had curved upwards through 45°, it was then reversed and after $5^1/_2$ hrs. it was at

Fig. 1.

Fig. 2.

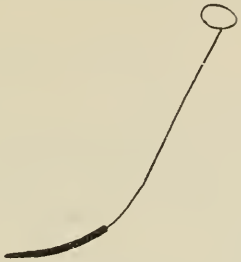


Fig. 3.

+ 40° having curved through 85°. The first curve was still faintly visible (about 5°).

Experiment 2. In 6 hours curved to + 40°, then reversed and in $17^1/_3$ hrs. curved through 80° (to + 40°). The first curve still visible (= about 12°).

Experiment 3. In 3 hours curved to + 40°; reversed and in 24 hours curved to + 45° (i. e., through 85°). The first curve distinctly visible = about 15°.

Experiment 4. Curved through 75° when reversed, and showed a mere trace of the original curve.

Experiment 5, fig. 1. May 4, 1907. In $5^1/_2$ hours curved through 102°, reversed and in 20 hours curved trough 156°. The first curve is visible (= about 15°).

Experiment 6, fig. 2. May 4, 1907. In $5^1/_2$ hours curved through 30°, reversed and in 20 hours curved through 165°. The first curve is visible (= about 12°).

Experiment 7, fig. 3. In $5^1/_2$ hours curved through 65^0; reversed and in 20 hours curved through 115^0. The first curve scarcely visible. In all the above experiments the plants were behaving rather sluggishly as shown by the small amount of curvature produced per hour.

These experiments show that Sorghum has a considerable power of reversing its curvature but that the reversal is not complete, since part of the original curve is generally visible. An opponent may assert that since the whole of the first curvature does not disappear, Miehe's objection holds good. The value of Miehe's suggestion depends entirely on the assumption that the upward curvature of the hypocotyl is due to its own geo-perception. The facts given in the present paper are opposed to this view, we may therefore leave Miehe's objection for the present.

II. The method of the bent cotyledon.

The method here described is a modification of the well known »glass boot« experiment of Czapek.[1]) It cannot perhaps be claimed that the results are decisive, although they seem to me only explicable on the assumption that the cotyledon is the seat of geo-perception.

In my experiments the cotyledon was forcibly bent, and here we departed from Czapek's plan, in which the curvature is slowly produced by allowing the root to grow into a bent tube.

We used Sorghums which had been grown under a toplight which has the advantage of giving straightly grown seedlings, and what is of especial importance, of giving plants with long cotyledons and short hypocotyls: the short cotyledon of the etiolated seedling does not lend itself to manipulation nearly so well as light-grown specimens. The seedlings are carefully extracted from the flower-pot, the root is cut off, and they are allowed to lie on the table for a few minutes to produce a very slight withering: this last procedure is useful but not absolutely necessary.

The extreme base of the cotyledon is fixed by pins (while do not pierce the tissues) to a plate of cork. The free end of the cotyledon may then be bent in a plane parallel to the cork-plate and fixed to it by pins.

---

[1]) See Pfeffer, Annals of Botany 1894; Czapek, Pringsheim's Jahrb. 1895, 27.

The steps by which the curvature is produced must be small so that the process of bending should take at least 5 minutes. It is best not to attempt a bend through quite 90°, for even with smaller amounts of curvature the cotyledon often breaks at the bend. The preparation is then floated on water for 5 minutes or so to allow turgescence to be regained. Any gravitational stimulus produced in this way is at right angles to the experimental plane of curvature.

The specimens are then placed, the plane in which the cotyledon is bent being vertical, under a bell jar in the moist atmosphere of a dark incubator kept at 24—25°.

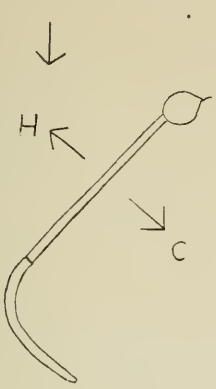


Fig. 4. Position 1.

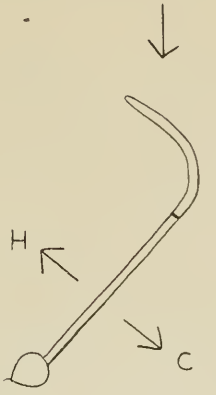


Fig. 5. Position 2.

The arrow *C* shows the direction of curvature to be expected if the stimulus originates in the cotyledon: *H* shows the direction in which the hypocotyl would bend if it were independently geotropic.

Two positions were in the first instance employed, as shown in the figures. In both cases it must be understood that the plants are supported by the cotyledons, as in my experiments of 1894.

Assuming for the moment that geo-perception resides in the cotyledon, we may further assume that the curvature will obey the stimulus arising in the apical three-quarters of the cotyledon rather than the stimulus originating in the basal quarter. Therefore on this assumption we should expect in Position 1 (Fig. 4) that the hypocotyl would curve downwards in direction *C*. This is what was found to occur almost without exception. Whereas if the hypocotyl were independently geo-perceptive, the curvature would obviously be upwards in the direction *H*.

In the same way in Position 2 the curvature would be in direction *C* if the cotyledon is geosensitive, but upwards in direction *H*, if the hypocotyl is independently geotropic. But in Position 2 there was no such regular occurrence of curvatures in direction *C*, the results were irregular bendings in both directions.

This difference between Positions 1 and 2 seems to depend on the fact that in Position 2 curvature *C* (i. e., the movement which should result from the stimulus of the cotyledon) is in opposition to the direction of the forced bend in the cotyledon, while in position 1, curvature *C* is in the direction of the curve in the cotyledon.

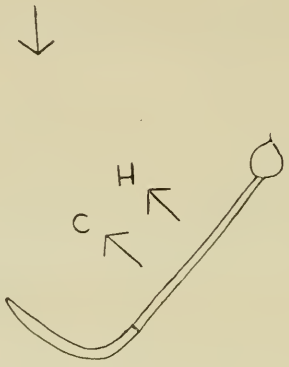


Fig. 6. Position 3.

It seemed possible that the artificial curvature in the cotyledon causes a growth-curvature of the hypocotyl in the same direction. We have evidence for this, and there is no inherent unlikelihood, for this is what Wachtel[1]) observed in his repetition of Czapek's glass-boot experiment.

If this is so, then in position 1 the cotyledonary stimulus (producing a curve in direction *C*) acts with the traumatic effect; in position 2 the traumatic effect acts against curve *C*. Therefore we should expect curve *C* to be more uniform in occurrence and greater in amount in position 1, than in position 2 — and this is so far what is found.

When the cotyledons are forcibly bent, not as above described, but by pushing them into bent glass tubes, the traumatic effect seems to be stronger. Thus, out of 6 experiments in position 2,

[1]) M. Wachtel, Bot. Zeitung, 1899, p. 223.

5 bent in direction *H* and only one in direction *C*. Eight experiments in position 1 gave *C* curvatures which in this case is in direction of the traumatic effect.

Seven experiments were made with glass tubes in position 3 (Fig. 6).

This position is of no special importance since the stimulus arising in the hypocotyl produces the same curvature (*H*) as that originating in the cotyledon (*C*). The experiments were undertaken to make sure that the weight of the hypocotyl and seed do no-determine the direction of curvature with plants in position 1. Out of the 7 plants, 6 curved up (in direction *C* and *H*), the seventh downwards.

The experiments are also worth giving for another reason; if the average curvature had not been markedly in direction *C*, *H*, the result would have been only explicable as the result of a traumatic effect acting in the opposite direction to the bend in the cotyledon and strong enough to overcome the geotropic effect.

To test the theory that forcible curvature of the cotyledon produces a traumatic curve in the hypocotyl a few experiments were made in which the cotyledons were forced into bent tubes, and then kept on a klinostat in the dark for 5 to 6 hours. Eighteen seedlings were so treated, in all of which the hypocotyl curved in the direction of the bend in the cotyledon. The amount of curvature varied from 15° to 70° and gave an average of 39°.

In conclusion of this part of the inquiry it must be especially noted that though the occurrence of a traumatic effect renders the experiments unsatisfactory, yet the results seem only explicable on the assumption that geo-perception resides in the cotyledon — or at least that the cotyledonary stimulus is stronger than that arising in the hypocotyl. For if the reverse were the case, if the master-stimulus had resided in the hypocotyl, Position 2 should have given a uniform curvature in direction *H*, since the geotropic and traumatic results would have been superposed. Whereas Position 1 should have given irregular results because geotropism would have been opposed by the traumatic effect.

III. Bent cotyledons heliotropically stimulated.

In order to test the geotropic results a similar set of experiments were made with light as the stimulus.

The cotyledons of the Sorghums were as before cautiously bent and fixed to cork plates. But in the present series the cork plate was horizontal and so arranged that the light struck the cotyledons more or less horizontally. Each preparation was placed on wet sawdust and covered with a crystalising jar which was darkened with black calico except at a narrow interval by which light entered. The jars were placed near a north window where the temperature was between 20^0 and 30^0 *C*, and the plants were exposed to electric light at night when a long exposure was necessary.

Position 1. (See fig. 4, in which the upper arrow gives the line of light.)

Ten experiments; in one case no curvature resulted, in the other nine the hypocotyls curved from 20^0 to 70^0 in direction *C*, i. e., in direction due to the stimulation of the cotyledon.

Position 2. (See fig. 5, in which the upper arrow gives the line of light.)

Fourteen experiments: in one no curvature, in three cases curvature *H*, in ten cases curvature *C*.

Thus in both positions the curvature was on the whole in the direction *C*, i. e., that due to stimulus of the cotyledon. It would appear from the comparison of these experiments with the corresponding ones on geotropism that the plants are more sensitive to light than gravity, since heliotropic experiments in position 2 are more sucessful than with geotropism. We had some other reason to suspect that light-grown Sorghums are rather sluggish to gravitation.

Heliotropic experiments, with glass tubes.

When the forcible curvature is produced by pushing the cotyledons into bent glass tubes we again found a strong tendency to curve in the direction of the artificial bend in the cotyledon. Thus in five experiments made with position 2 (Fig. 5), the curvature was in every case in direction *H*; and since in the case of heliotropism we know that photo-perception is practically confined to the cotyledon we must believe that the *H*-curvatures are traumatic.

IV. Other Traumatic Curvatures.

The following experiments were made to decide whether injuring one side of the cotyledon induces curvature in the hypocotyl.

The Sorghums were fixed by the lower part of the hypocotyl in a vertical position, the apex being upwards, and after being injured in various ways on one side of the cotyledon, they were kept at a suitable temperature for 21—23 hours in damp air in the dark, when they were examined.

In those described as "cut", two or three minute incisions were made on one side of the cotyledon: the "burnt" ones were touched with a hot needle in a few places: "oiled" means that one side of the cotyledon was painted with olive oil thickened with animal charcoal, a method which is not very satisfactory owing to the spreading of the oil, in spite of which the results are consistent.

Table II.

Number of seedlings	Injury	Remained straight	To injured side	From injured side	At right angles
10	cut	2	6	1	1
8	burnt	1	7		
17	oiled	1	16		
Totals 35		4	29	1	1

There can therefore be no doubt that injuring the cotyledon tends to produce curvature towards the injured side. This may remind us of the traumatic curves in roots described in The Power of Movement in Plants[1]) as due to injury to one side of the tip, but in the case of roots the curvature is from the injured side.

A few experiments were made to test the combination of the traumatic effect with geotropism.

The cotyledons of thirty-seven seedling Sorghums were oiled on one side, nineteen of these were placed horizontally with the injured side of the cotyledon upwards, the remainder horizontally with the injured side below. In both cases the seedlings were supported by the base of the hypocotyl, not, as in so many of our experiments, by the cotyledon. After 22—23 hours the following results were obtained. Of nineteen with the injured side upwards all curved upwards (average angle 53°). Of eighteen with the injured

[1]) P. 132. The curvatures were at the time believed to be due to contact-stimulus.

side downwards, thirteen curved upwards (average angle 31°), four curved downwards (average angle 15°) and one did not curve.

Thus when traumatropism cooperates with geotropism all the specimens curved upwards. When the two tendencies were opposed geotropism was in the majority of cases (13 : 5) victorious but the curvature was decidedly less than in the first case (31° : 53°). In the four cases in which traumatropism won the curve was smaller than in either of the other classes.

The existence of traumatic curvatures may have a bearing on my experiments [1]) in which continuous curvature of the hypocotyl is produced in Sorghum seedlings supported by their cotyledons. They are usually fixed by being pushed into glass tubes or into grasshaulms, and it is quite likely that injury to the cotyledon may sometimes result. It is impossible that such injury can account for the continuous curvature which is always upwards, but it may be an occasional disturbing cause, especially when the seedlings are in a position of unstable equilibrium. I pointed out [2]) that Sorghum supported by their cotyledons in a vertical position, the apex being upwards, should theoretically show no curvature, but that such curvature occasionally occurs. We have recently confirmed the statement made in 1894 (loc. cit.) that when care is taken to keep the cotyledon strictly vertical the average departure from the vertical is small, but an occasional plant shows strong deviation. Thus out of twenty-nine seedlings so treated two deviated from the vertical by 70° and 135° respectively. While the remaining twenty-seven after the same period of 23 hours only departed from the vertical by an average angle of 13·7°. It is possible that the two exceptional cases were due to traumatic action. The same thing may be true for the irregularity observed with plants grown in the dark on a klinostat which are referred to in my paper, loc. cit. p. 572.

V. Piccard's Method.

We have applied Piccard's ingenious method [3]) to the case of Sorghum with some success.

In fig. 7, *A* is the horizontal axis of a Knight's machine carrying the disc *D*; *B* is a metal cone, the apex of which is

[1]) F. Darwin, Annals of Botany 13, p. 567.

[2]) Annals of Botany 13, p. 573.

[3]) Pringsheims Jahrb. 40, 1904, p. 94.

strictly central; P is a metal plate, the plane of which is at right angles to that of D; P is moveable and can be fixed so that its inner edge is in line with the axis of B [1]). A Sorghum seedling (S) is fixed by its cotyledon to P by means of gypsum. When the machine is set in motion it is evident that the hypocotyl and the cotyledon being on different sides of the axis of rotation the direction of the resulting curvature will depend on where the gravitational stimulus arises. If geo-perception resides exclusively in the hypocotyl it is clear that the curvature will be in direction H—

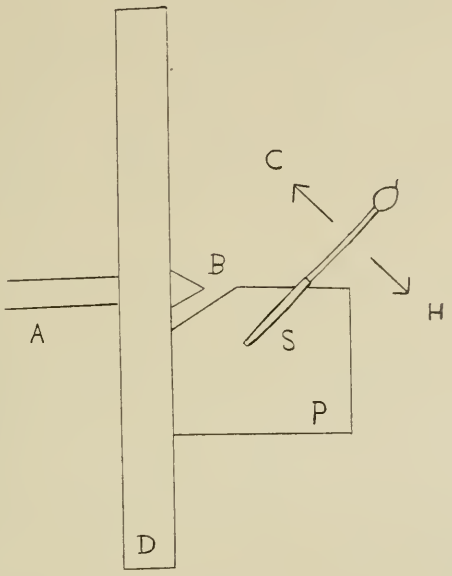


Fig. 7.

towards the axis. But if geo-perception is confined to the cotyledon the reverse will happen by the transmission of a stimulus from the cotyledon.

This is the result we have obtained, namely the curvature of the hypocotyl away from the centre. Our experiments do not prove that no geo-perception exists in the hypocotyl, but they do prove that if such sensitiveness exists, it is overcome by the stimulus originating in the cotyledon.

[1]) In practice the plate P is placed so that the cotyledon and not the plate is over the point B. The arrangement by which P is fixed in the desired position is not shown.

Before giving the results, a few details may be noted. In the figure it will be seen that the seedling is oblique to the axis; this arrangement, in which we follow Piccard, is obviously necessary, since if the seedling were at right angles to the axis the geo-stimulus would be theoretically nil, and practically would be very small. I aimed at fixing the plant at 45° to the axis but in practice the angle varied. In Piccard's experiments, which were made on roots, the seed was fixed and the tip of the radicle projected beyond the axis. He was only able to keep the plants in rotation for one hour, because owing to the growth of the radicle the relative positions of the tip and growing region changed. But in my experiments I could continue the experiment for many hours because if, by its growth, the cotyledon comes to project slightly beyond the axis as shown in the figure, the result is a favouring of the hypocotyl, since its growing region is thus carried further from the axis and in this way subjected to increased centrifugal force. The seedlings were kept moist by a small well-fitting bell jar containing a small quantity of water, and screwed firmly to the disc *D*. They were subjected to a temperature of 25—30° *C*. It was not thought necessary to place the apparatus in the dark as the axis of rotation was parallel to the windows and moreover the cotyledons were darkened by the thick layer of gypsum by which they were attached to the plate. In all but the first three experiments [1]) the axis of rotation was strictly horizontal, and even had not this been the case it is hard to believe that plants rotating nine or ten times a second could be affected as though they were on Fitting's oblique klinostat.

There is a small difficulty in expressing the centrifugal force to which the cotyledon is exposed since it increases from zero at the base to a value at the apex depending on the length of the cotyledon and its angle with the axis. If the cotyledon is 10 *mm* in length and makes an angle of 45° with the axis, the distance of the apex from the axis = $10 \times 0{\cdot}707 = 7{\cdot}1$ *mm*. With a rotation of ten times a second, this will give a centrifugal force equal to 2·8 *g* at the apex of the cotyledon. It must be remembered that the efficient component of the centrifugal force will be less than this because of the obliquity of the plant. In this case the component

[1]) In these the cotyledons were fixed in glass tubes and not therefore darkened.

will be $2{\cdot}8 \times 0{\cdot}707\ g = 1{\cdot}97\ g$; the value of the centrifugal force in Table III is calculated in this way.

Table III.

		Angle to axis	Length of cot.	Curve		Exposure hrs.	centrifugal force *g*
Exp. 7	Mar. 5, 1907	47°	7 *mm*	45°	out	5	1·2
Exp. 8	Mar. 8, 1907	45	5 *mm*	45	out	$4^1/_3$	1·1
Exp. 12	Mar. 13, 1907	45	9 *mm*	20	out	$1^1/_2$	1·1
Exp. 15	Apr. 19, 1907	40	10 *mm*	27	out	$1^1/_3$	1·1
Exp 16	Apr. 20, 1907	?	9 *mm*	42?	out	5	—
Exp. 17	Apr. 22, 1907	45	6 *mm*	35	out	4	0·8
Exp. 19	Apr. 24, 1907	43	9 *mm*	38	out	$6^1/_2$	1·8
Exp. 29	Apr. 26, 1907	50	8 *mm*	50	out	7	1·6
Exp. 21	Apr. 29, 1907	44	9 *mm*	34	out	6	1·7

Thus in all the experiments the curvature was away from the centre, i. e., in the direction to be expected if geo-perception resides in the cotyledon.

There are two other possible explanations of the fact. (1) That the hypocotyl is pros—instead of apogeotropic; this may be dismissed for want of other evidence. (2) That the curvature from the centre is not a growth-curvature but a physical bending, the direct result of the centrifugal force. This theory would be easily disproved if the seedlings had been more actively geotropic when they might have shown the curling up into spirals, or might at any rate have curved well beyond the plane parallel to the disc *D*. This, however, only occurred in two cases, neither of which were quite satisfactory.

There is, however, a simple way of showing that the result is not due to ductility, namely, the repetition of the ordinary Knight's experiment with Sorghum. The plants were fixed in tubes or by means of plaster of Paris so that the whole plant (which was oblique to the axis of rotation) was from 1·5 to 3 *cm* from the axis. Thus whether the cotyledon or hypocotyl is the seat of geo-perception the hypocotyl ought to curve towards the centre.

The results were as shown in Table IV.

Table IV.

Number	Date	Angle	Direction	Curve	Exposure. hours.	Centrifugal force
[1]) Exp. 9	Mar. 9, 1907	34°	in	24°	4	5·5 *g*
[1]) Exp. 18	Apr. 23, 1907	55	in	32	3	4
Exp. 22	May 2, 1907	43	in	25	4 1/2	4·4
Exp. 23	May 3, 1907	35	in	53	6 1/3	4·7
Exp. 24	May 4, 1907	48	in	17	6 1/2	3 1
Exp. 25	Apr. 30, 1907	45	out	30?	6	7·2
Exp. 27	May 7, 1907	49	in	14	6	2·5

Thus with centrifugal forces considerably greater than those given by the Piccard method the hypocotyls curved, as was expected, inwards, i. e., towards the centre, except in Exp. 25. It must be especially noted that this experiment was unsatisfactory, the cotyledon having been insecurely fixed.

Though the experiments are not sufficiently numerous it must be allowed that a comparison of Tables IV and III shows that the results obtained by the Piccard method cannot be due to physical bending away from the centre.

We must therefore conclude that the cotyledon is geo-perceptive, and that, if any similar sensitiveness resides in the hypocotyl, it is conquered by the stimulus transmitted from the cotyledon.

It is a pleasure to express my thanks to Miss Dorothea Pertz who has given me a great deal of valuable help in carrying out the experiments above recorded, also to Professor Seward, who has been good enough to extend to me the hospitality of the University Laboratory.

Cambridge, July 23rd, 1907.

[1]) In experiments 9 and 18 the plants were fixed in tubes.

Neue Mitteilungen über die sogenannte Kohleschicht der Kompositen

von

T. F. Hanausek (Krems).

Mit Tafel III und IV.

Eingelangt am 12. August 1907.

Das Vorkommen einer den meisten auflösenden oder zersetzenden Reagenzien widerstehenden schwarzen (in Jugendzuständen braunen) Masse wurde von mir [1]) bisher in 13 Kompositengattungen, und zwar nur im Perikarp festgestellt. Seitdem hatte ich Gelegenheit, die Früchte mehrerer anderer Gattungen zu untersuchen und auch in diesen die merkwürdige, zuerst von mir und später auch von Gerdts [2]) als Kohle angesprochene Masse aufzufinden. Darüber wird unten ausführlich berichtet werden.

Zunächst muß ich aber die interessante Tatsache feststellen, daß die schwarze Masse auch in einem anderen Organ einer Komposite und schon vor längerer Zeit beobachtet worden ist. Eigentlich ist dies nicht so überraschend, da nicht einzusehen ist, warum das Vorkommen gerade auf die Frucht beschränkt sein sollte. Wie ich entwicklungsgeschichtlich dargetan habe, entsteht die Masse durch Umwandlung der Mittellamelle, die hierbei nahezu dasselbe Verhalten zeigt, wie es

[1]) Zur Entwicklungsgeschichte des Perikarp von *Helianthus annuus*. Ber. d. Deutschen Bot. Gesellschaft 1902, XX., S. 449—454 (wird als »Hanausek I« angeführt). — Die »Kohleschicht« im Perikarp der Kompositen. Sitzbungsber. der kais. Akad. der Wissensch., Mathem.-naturw. Kl., CXVI., Abt. 1, 1907, S. 3 bis 31 (wird als »Hanausek II« angeführt).

[2]) Karl Ludwig Gerdts, Bau und Entwicklung der Kompositenfrucht Inaug.-Diss. Bern. (Leipzig 1905.) S. 56—57.

Wiesner[1]) für den durch Erhitzung herbeigeführten Verkohlungsprozeß des Holzes nachgewiesen hat. Fast immer sind es die mechanischen Gewebe (Bastfaserbündel, Sklerenchym), an und in denen die Umwandlung der Mittellamelle vor sich geht. Es liegt also sehr nahe, anzunehmen, daß auch in jenen Organen, die die Hauptträger dieser Gewebeformen sind — Stamm und Wurzel — die schwarze Masse auftreten wird. Dies ist denn auch der Fall.

Schon im Jahre 1885 hat Hartwich[2]) in der Wurzel und im Wurzelstocke von *Perezia sp.* ein interzellulares »Sekret« beobachtet, an dem ihm die außerordentliche Widerstandsfähigkeit gegen Reagenzien aufgefallen war. Die betreffende Stelle in der Arbeit Hartwichs erscheint mir so wichtig, daß ich sie hier zitiere, zumal der Artikel überhaupt nicht leicht zugänglich ist. Sie lautet: »Es lassen sich bereits mit bloßem Auge schwarze Punkte in der Rinde, dem Marke und zwischen den Markstrahlen der Wurzel erkennen, ferner findet sich diese Erscheinung noch ausgeprägter in den Markstrahlen und der Rinde des Wurzelstockes. Diese Flecken und Punkte bestehen in der Wurzel aus Gruppen von 1 bis 6 Sklerenchymzellen, deren Querschnitt rundlich ist. Im Wurzelstock bestehen diese Gruppen aus viel mehr Zellen und der Querschnitt der einzelnen Zellen ist gestreckt. Auf Längsschnitten sieht man, daß sie in die Länge gestreckt sind und — die eine auf die andere gestellt — die Wurzel auf ziemliche Strecken ununterbrochen durchsetzen. Die Interzellularräume zwischen diesen Zellen sind mit einem dunkelbraunen Sekret erfüllt, welches, wie man nach Behandlung der Schnitte mit konzentrierter Schwefelsäure erkennt, in dünner Schicht auch die einzelnen Zellen trennt. Hin und wieder findet sich dieses Sekret auch in den Zwischenräumen nichtsklerotischer Zellen. Auffallend war mir die außerordentliche Widerstandsfähigkeit dieses Sekrets gegen Reagenzien: Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure, chlorsaurem Kali und Salpetersäure und Kalilauge lassen es völlig unverletzt und besonders bei dem zweiten Reagens in Form eines zusammenhängenden Netzes erscheinen.« Drei Zeichnungen versinnbildlichen das Gesagte. Fig. 3 gibt eine Zellgruppe mit dem Sekret, Fig. 4 eine isolierte

---

[1]) Wiesner, Über den mikroskopischen Nachweis der Kohle etc., Sitzbungsber. der kais. Akad. d. Wissensch., Mathem.-naturw. Kl., CI., Abt. 1, 1892, S. 379 ff.

[2]) C. Hartwich, Chemikerzeitung, (Cöthen) 1885, S. 1298.

Sklerenchymzelle, Fig. 5 eine Zellgruppe mit Sekret aus dem Wurzelstocke.

In den »Neuen Arzneidrogen« von demselben Autor[1]) wird Bau und Inhalt der *Perezia*-Wurzel kurz behandelt und auch das Vorkommen der dunklen Masse berührt. Die Droge soll von folgenden Arten der in Mexiko einheimischen Kompositengattung geliefert werden: *Perezia oxylepis Gray*, *P. Schaffneri Gray*, *P. Parryi Gray*, *P. rigida Gray*, *P. nana Gray*, *P. Wrightii Gray*. Sie findet als Purgiermittel Verwendung und enthält die Piptzahoinsäure oder Perezon in besonderen schizogenen Sekretbehältern.

Herr Professor Hartwich, der mich auf diese seine Beobachtungen aufmerksam gemacht hatte, war auch so freundlich, mir einige Muster der *Perezia*-Wurzel zu überlassen. Ich kann nun auf Grund meiner Untersuchungen seine Angaben durchweg bestätigen. Es ist in der Tat dieselbe schwarze, beziehungsweise braune Masse, die im Perikarp die »Kohleschicht« bildet; sie bleibt ebenso wie die Perikarpmasse nach Einwirkung der alles übrige zerstörenden Chromsäure[2]) als ein zartes Netz zurück und zeigt in bezug auf das Vorkommen das gleiche Verhalten. Auch hier zeigt sich auf das prägnanteste, daß es die Mittellamelle ist, die sich in die schwarze Masse umwandelt.

In bezug auf die Menge und die dadurch bedingte äußere Gestaltung scheint aber ein Unterschied zu herrschen. Die Früchte enthalten eine verhältnismäßig reichliche Menge, die mit der Fruchtreife so zunimmt, daß schließlich dichte Netze oder Platten mit geringfügigen Unterbrechungen vorhanden sind. In der *Perezia*-Wurzel finde ich aber nur zarte Netzstränge, die gegenüber den großen Sekretbehältern, in denen das Perezon enthalten ist, recht unbedeutend erscheinen; in stärkeren Wurzeln mag allerdings die Menge auch größer sein.

Die in meiner letzten Arbeit über diese Masse (Hanausek II) gegebene Zusammenstellung von Kompositengattungen mit der schwarzen Masse kann nun folgendermaßen erweitert werden:

II. *Tribus Eupatorieae.*

2. *Subtribus Ageratinae: Ageratum* (1).

---

[1]) C. Hartwich. Die neuen Arzneidrogen aus dem Pflanzenreiche. Berlin 1897, S. 247—248. — Daselbst noch weitere Literatur über *Perezia*.

[2]) Es ist das von Wiesner in die Pflanzenanatomie eingeführte Gemisch von Chromsäure und Schwefelsäure gemeint. Vergl. Wiesner, Einleitung in die technische Mikroskopie, Wien 1867, S. 38, Anmerkung 1.

V. *Tribus Heliantheae.*

3. *Subtribus Melampodinae: Melampodium* (2).
4. » *Ambrosinae: Xanthium* (3).
6. » *Zinninae: Zinnia* (4).
7. » *Verbesininae: Rudbeckia* (5).
Helianthus (6).
Siegesbeckia (7).
Sclerocarpus (8).
Blainvillea (9).
8. » *Coreopsidinae: Guizotia* (10).
Dahlia (11).
Bidens (12).
Coreopsis (13).
9. » *Galinsoginae: Galinsoga* (14).
10. » *Madiinae: Madia* (15).

VI. *Tribus Helenieae.*

4. *Subtribus Tagetinae: Tagetes* (16).

VIII. *Tribus Senecioneae.*

2. *Subtribus Senecioninae: Arnica* (17).

XI. *Tribus Cynareae.*

2. *Subtribus Carlininae: Xeranthemum* (18).
4. » *Centaureinae: Carthamus* (19).

XII. *Tribus Mutisieae.*

3. *Subtribus Nassauwinae: Perezia* (20 Wurzel).

In dem Folgenden sollen nun die **eigentümlichen Formen**, in denen die »Kohleschicht« auftritt, beschrieben werden.

Drei merkwürdige Tatsachen sind es, die die schwarze Masse vor allem auszeichnen und die meines Wissens keinem anderen in Pflanzen vorkommenden Gebilde zukommen: Die Art der Entstehung, die (allerdings noch nicht aufgeklärte) chemische Zusammensetzung, die die beispiellose Widerstandsfähigkeit gegen Reagenzien aller Art bedingt und endlich die stets sich gleichbleibende, für jede (die »Kohleschicht« führende) Kompositengattung charakteristische Form, Gestalt oder Struktur, die die Konstanz eines Gewebes zeigt.

Die Schicht ensteht, wie ich an *Helianthus*, *Tagetes* und *Xanthium* entwicklungsgeschichtlich nachgewiesen habe, aus der Mittellamelle und ist fast immer an sklerotische Elemente, an Bastfasern oder an Sklerenchymzellen (*Carthamus*, *Sclerocarpus*, *Perezia*) gebunden. Ich kann nun den in meinen früheren Arbeiten beschriebenen Entwicklungsarten nach neuen Untersuchungen an *Bidens bipinnata L.* und an *Siegesbeckia* noch eine weitere Modifikation beifügen, die das Verhalten der Hypodermazellwände betrifft. *Bidens bip.* zeigt an den vier Längsseiten der Frucht je 2 oder 3 Längsfurchen, die sich im Querschnitte gewissermaßen als Täler repräsentieren. Unter der kutikularisierten Oberhaut befindet sich ein einreihiges Hypoderma, das nur in den Vertiefungen der Furchen stärker entwickelt ist. Die »Kohleschicht« liegt an den Bastfaserbündeln und zeigt wieder jene spitzkegeligen Hervorragungen, die den »Zwickeln« zwischen Hypodermazellen und Bastfasern entstammen. Man kann nun deutlich beobachten, daß sowohl die innere tangential laufende Zellwand als auch die Radialwände der Hypodermazellen noch erhalten sind, so daß die schwarzen Spitzen beiderseits (im Querschnittssinne) von den Zellwänden eingeschlossen sind; es ist also hier nur die Mittellamelle allein der Umwandlung verfallen, die eigentlichen Zellwände des Hypoderma sind nicht in die Metamorphose einbezogen worden, wie dies z. B. bei *Xanthium* der Fall ist.

Wie ich mich nun durch neuerliche umfassende Beobachtungen überzeugt habe, rühren die kleinen oder sehr kleinen kreisrunden Durchbrechungen der schwarzen Masse fast durchweg von den Zäpfchen, den Zellwandwucherungen der äußersten Bastfasern — also derjenigen, denen die Masse unmittelbar anliegt — her und es scheint das Vorkommen dieser Skulptur der äußersten Bastfasern, das ich zuerst an *Helianthus* (Hanausek I) konstatiert, ein ganz allgemeines zu sein.

Die zweite merkwürdige Tatsache, die die schwarze Masse betrifft, ist ihre Widerstandsfähigkeit gegen lösende und zersetzende Mittel. Abgesehen von ganz geringfügigen Einwirkungen heißer Kalilauge oder des Wiesnerschen Chromsäuregemisches, läßt sich keine Veränderung an ihr durch irgendein Reagens hervorrufen; zerstört wird sie nur durch Verbrennung.

Die ersten Stadien der Entwicklung zeigen bekanntlich eine zarte braune Haut — als Überzug der Außenseite der äußersten

Bastfaserreihe — und darauf sich ablagernde gekrümmte, verästelte, oft sogar gekräuselte oder geknäuelte Stränge, höchst selten rundliche Gebilde (*Carthamus*). Wann immer man auch diese Gebilde beobachtet, niemals kommen sie in einem flüssigen oder etwa teigigweichen Zustand zur Anschauung; nun müßte man annehmen, daß die Stränge zum mindesten plastische Eigenschaften besitzen, da sie sich schließlich — in der reifen Frucht, am Ende des ganzen Prozesses — zu einer einheitlichen Masse vereinigen. Berücksichtigt man aber die Entstehung, so läßt sich ganz gut die Anschauung vertreten, daß ein Flüssigwerden überhaupt nicht notwendig ist. Denn woraus entsteht die schwarze Masse? Aus der Mittellamelle der Bastfasern und der Hypodermazellen. Die Umwandlung erfolgt schrittweise; ein Stück, ein Streifen der Mittellamelle nach dem anderen wird zuerst braun, dann schwarz, bis endlich der ganze Bezirk in die Metamorphose einbezogen ist.

Ein Vergleich dieser Vorgänge mit dem schizogenen oder lysigenen Entstehungsmodus der Harze ist meines Erachtens nicht gut möglich. Bei der Lysigenese der Harze ist es ein Komplex von Zellen, der der Auflösung anheimfällt, ein Zellgewebe mit seinen Membranen und seinen Zellinhalten; die schizogenen Harzbehälter besitzen ein ganz bestimmt ausgeprägtes spezifisches Gewebe, das Harzgangepithel, dessen Funktionen nur mit der Bildung und Beherbergung des Harzes zusammenhängen. In beiden Fällen wirken ganz andere Prozesse, wie denn auch die Produkte ganz anders geartet sind. Ebensowenig läßt sich die Gummi- oder Schleimmembranbildung mit der Entwicklung der schwarzen Masse in Vergleich ziehen. Aus diesen Gründen widerstrebte es mir bisher, die schwarze Masse mit den echten Sekreten in Verbindung zu bringen oder sie als ein Sekret zu bezeichnen. Wo gibt es ein Sekret von gewebeähnlicher Struktur, das diese Struktur stets beibehält, nur in dieser Struktur auftritt und daher eine konstante Form besitzt? Wenn die Masse wirklich mit der Kohle nahe verwandt ist oder überhaupt durch sehr großen Kohlenstoffgehalt ausgezeichnet ist, wo gibt es ein ihr auch nur entfernt ähnliches Sekret? Denn schon die Vorstellung einer kohleartigen Masse als eines Sekrets erscheint ungereimt. Die wichtigste Aufgabe wäre die chemische Analyse, um die Natur der Masse genau festzustellen.

An der Hand von Photogrammen [1]) soll nun die Struktur der »Kohleschicht« einiger Kompositenfrüchte erläutert werden.

Xanthium strumarium L. (Fig. 1).

(Vergl. Hanausek II, S. 22, und Taf. 2, Fig. 11.)

Das Bild zeigt die Hauptschicht, die an den Bastzellen liegt. Die Lücken sind zumeist gestreckt, seltener rund, an den Schmalenden abgerundet, an den Längsseiten eingezogen, häufig paarweise und in Längsreihen angeordnet. Sie entsprechen den Hypodermazellen, die feinen Scheidelinien eines Paares gehören der Mittellamelle der darunter liegenden Bastfasern an; die kleinen Lücken werden durch die Zäpfchen der äußersten Bastfasern verursacht.

Xanthium spinosum L. (Fig. 2).

Die für *Xanthium* typische Struktur der Schicht ist auch in dieser Art ausgedrückt: Doppelreihen der rundlichen Lücken, mitunter sogar dreireihige Anordnung derselben und kleine Zäpfchenlücken. Infolge nicht ganz scharfer Einstellung des optischen Apparats sind die Ränder der Lücken verwischt oder in Strichelchen aufgelöst.

Zinnia elegans Jacq. (Fig. 3).

Die Regelmäßigkeit der Anordnung der Lücken ist überraschend; es sind fast durchweg Doppelreihen, ausnahmsweise Reihen zu dreien, die zarten, oft nur angedeuteten Zwischenlinien zwischen einem Paar gehören wieder den Mittellamellen der darunter liegenden Bastfasern an. — *Zinnia* erinnert am Querschnitt an *Helianthus*. Die Hypodermazellen sind zwei- oder dreimal so breit als die schlanken, mit zarten querlaufenden Porenkanälen versehenen Bastfasern. Das Hypoderma ist ein-, seltener zweireihig, die Radialwände seiner Zellen gehen in die Spitzen der schwarzen Masse über.

[1]) Die Photogramme wurden in der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien von Herrn Professor Valenta ausgeführt, dem ich für die Sorgfalt, die er hierbei aufgewendet, freundlichst danke. Die Vergrößerung beträgt 230/1. — Von den zirka 12 *cm* breiten und 17 *cm* langen Bildern konnten nur kleine Abschnitte hier reproduziert werden. Es sind durchweg Flächenansichten der schwarzen Masse, wie diese nach Zerstörung der Kompositenfruchtschale durch Chromsäure unverändert zurückbleibt.

Siegesbeckia orientalis L. (Fig. 4).

Die Schicht ist sehr mächtig entwickelt, größere, ziemlich unregelmäßige Lücken, häufig von feinen Strängen (Mittellamellen der Bastfasern) durchzogen, liegen zerstreut im Gesichtsfeld. Mit schwacher Vergrößerung betrachtet, erscheint die Masse in schief und gebrochen verlaufenden Querbändern. Die kleinen Lücken deuten das Vorkommen von Zäpfchen an.

Der Querschnitt zeigt folgendes. Unter der kleinzelligen Oberhaut liegt ein aus zwei Zellreihen bestehendes Hypoderma; in den auch an dieser Frucht auftretenden Furchen oder Buchten kommt noch eine dritte Zellreihe hinzu. Die äußere Hypodermazellreihe führt radialgestreckte und ziemlich breite Zellen, die mit einer zierlichen Netzleistenverdickung versehen sind; die innere Reihe besitzt tangential gestreckte Zellen, an denen wie bei *Bidens* (s. u.) die Zellwände erhalten sind. Die Bastfaserbündel bilden nach außen konvexe Bogen, umsäumt von der schwarzen Masse (in der Längsrichtung hervorragende Striemen); von jedem Bogen der schwarzen Masse ragen stumpfe Kegel — die »Zwickel« zwischen den Zellen — hervor. Die großen Lücken in der Flächenansicht entsprechen den Hypodermazellen; die Bastfasern sind schmal, reich getüpfelt und zu 3—5 von je einer Hypodermazelle überdeckt, was auch im Flächenbild durch die feinen Streifen in den großen Lücken seinen Ausdruck findet. An der Außenseite der Bastfasern sind die Zäpfchen sehr reichlich entwickelt.

Blainvillea rhomboides Cass. (Eisenmannia clandestina Schultz Bip.) (Fig. 5).[1])

Das Flächenbild zeigt wie Perlen aneinander gereihte kreisrunde Löcher in Einzelreihen, die Absätze bilden oder Schnürchen, wenn ich mich so ausdrücken darf; man sieht sechs und mehr größere kreisrunde Lücken, die an den Enden des »Schnürchens« mit je einem oder mit mehreren sehr kleinen Löchelchen abschließen; jede solche Einzelreihe entspricht der Länge der darunter liegenden Sklereide; die Abstände oder Absätze der »Schnürchen« treten im großen als anastomosierende Querbänder hervor. Das mechanische Gewebe der Fruchtschale besteht

[1]) Für die Unterstützung in bezug auf verschiedene Nomenklaturfragen bin ich meinem verehrten Freunde, Herrn Professor Dr. Günter Beck von Managetta, zum Danke verpflichtet.

aus gestreckten Sklereiden mit wellenförmig gebuchteten Wänden, die mit den bekannten Oberhautzellen der Hirsespelzen und anderer Gramineenspelzen eine auffällige Ähnlichkeit besitzen. Die Querbänder der Masse entsprechen jenen Stellen, an denen die Schmalenden der Sklereiden zusammenstoßen. Im Querschnitte zeigt die schwarze Masse wie Dornen aussehende spitze lange Kegel, die deutlich und scharf in die Radialwände der Hypodermazellen übergehen (vgl. Hanausek II, S. 24, und Fig. 8 von *Xanthium*). Das Hypoderma hat ähnlich wie *Helianthus* radial angeordnete und tangential gestreckte, netzförmig verdickte Zellen, zwischen die die dornenförmigen Fortsätze der schwarzen Masse in radialer Richtung hineinragen; da die Spitzen dieser Fortsätze starr und sehr fein sind, so brechen sie beim Präparieren leicht ab und solche Bruchstücke sieht man hie und da an den Radialseiten der Hypodermazellen freiliegen. Mitunter ist auch die Oberhaut eingerissen und die Spitzen der schwarzen Masse treten dann frei heraus. Dieses Vorkommen der dornähnlichen Spitzen (die sich z. B. auch bei *Dahlia* in stärkstem Maße vorfinden), bildet eine der eigentümlichsten und auffallendsten Erscheinungen, die uns die schwarze Masse in bezug auf ihre Form darbietet.

Bidens bipinnata L. (Fig. 6).

Für dieses Objekt wäre es vorteilhaft, noch ein zweites Bild, und zwar in etwa 60facher Vergrößerung vorführen zu können, da der Überblick über eine größere Partie, wie sie die kleinere Vergrößerung ermöglicht, einen ganz anderen Eindruck macht, als ihn das reproduzierte Bild darbietet. Bei 60facher Vergrößerung erscheint die Masse wie aus fast rektangulären Schuppenplättchen zusammengesetzt, die durch dünne parallellaufende schwarze Fäden zusammengeheftet und verbunden sind. Die Fäden fließen mitunter zusammen und sind dann durch längliche Lücken unterbrochen; die Schuppenplättchen zeigen auch eine Anordnung in schief laufenden Reihen.

In der hier reproduzierten Vergrößerung von 230/1 zeigt das Bild, dem auch einige Ähnlichkeit mit dem von *Coreopsis* (Fig. 7) zukommt, kurze parallellaufende, breiten Strichen gleichende Lücken, die zu 2—6 nahe nebeneinander gestellt sind und gewöhnlich in ein zartes fadenförmiges Schwänzchen oder mit einer sehr kleinen runden Lücke endigen. Die Längsgrenzlinien der Lücken sind nicht

gerade, sondern gewunden, so daß daraus die Zusammensetzung der Lücke aus 3—5 runden Löchern (mit reduzierten oder ganz entfernten Scheidewänden) ersichtlich wird. Die Lücken entsprechen sonach den Tüpfeln, beziehungsweise den Zäpfchen der Sklereiden.

Die Frucht bildet ein vierseitiges Prisma — mit rhombischem Querschnitte — besitzt vier stark vortretende Kantenrippen und auf jeder Seitenfläche zumeist eine, selten zwei Mittelrippen; insgesamt sind 8—10 Rippen vorhanden. Im Querschnitte erscheinen die Rippen selbstverständlich als Bogen, und zwar als Kanten- oder Eck- und Mittelbogen, gebildet von Bastfasersäulen; zwischen ihnen befinden sich tief reichende Buchten. Das von der Oberhaut gedeckte Hypoderma ist an den Bogen einzelreihig, in den Buchten dagegen enthält es eine reichere Zellage, da sich die Epidermis der tiefen Buchten nicht vollständig anschließt, sondern seicht über dieselben hinwegstreicht. Der Samenquerschnitt bildet einen geometrischen Rhombus.

Zwischen Hypoderma und den Bastfaserbündeln lagert die mächtige schwarze Masse, die wieder mit (kurzen) Zapfen in das Hypoderma hineinragt. Hier muß aber ein besonderes Verhalten der Zellwände der innersten Hypodermazellreihe angemerkt werden. Während bei *Xanthium*, *Zinnia*, *Siegesbeckia* u. a. von der inneren tangentialen Zellwand der an die schwarze Masse stoßenden Zellreihe nichts mehr zu beobachten ist, zeigt sich bei *Bidens* auch diese Zellwand erhalten, so daß die schwarze Masse und ihre nach außen vorspringenden Zapfen allseits von den Zellwänden umschlossen sind. In diesem Falle ist also auch nur die Mittellamelle der Hypodermazellen — und nicht auch die übrige (sekundäre) Zellwand in den Umwandlungsprozeß einbezogen worden und in diesem Falle — auch bei *Coreopsis* ist das gleiche, aber in bezug auf die Epidermis zu beobachten — kann man von einem interzellulären Vorkommen sprechen. Auch noch eine andere Tatsache verdient Erwähnung. Kocht man einen Querschnitt in Kalilauge, so treten alle Gewebeelemente sehr klar hervor: die Epidermis mit stark kutikularisierter Außenfläche, die Hypodermazellreihe, die schwarze Masse und die stark verdickten Bastfasern; von diesen erscheint die äußerste Reihe bräunlich, die nächstfolgende ebenfalls bräunlich, aber heller gefärbt, die dritte dagegen farblos. Sobald ich Gelegenheit habe, die Entwicklungsgeschichte des *Bidens*-Perikarp zu studieren, werde ich dieser Erscheinung ein besonderes Augenmerk zuwenden.

Coreopsis Drumondii Torr. et Gray (Fig. 7).

Der Charakter des Bildes der schwarzen Masse in der Fläche ist folgender: Je 3—5 parallellaufende dünne schwarze Streifen — mit Saiten vergleichbar — bilden scharf abgegrenzte Gruppen; sie sind durch verschieden große, fast in regelmäßigen Abständen aufeinanderfolgende Brücken (der schwarzen Masse) miteinander verbunden; besonders deutlich läßt sich dieser Typus an jugendlichen Exemplaren erkennen: die schwarzen Brücken sind querbreiter und senden in die (gewissermaßen durchziehenden) Fäden Fortsätze aus, so daß die Brücke gezackt oder querbreit-sternförmig aussieht. Außerdem sind auch sehr kleine Lücken vorhanden, die von den Zäpfchen der Bastfasern herrühren; die Fadenstreifen entsprechen den Mittellamellen der Bastfasern; wem aber gehören die Brücken an? Am Querschnitt der reifen Frucht findet man unter der Oberhaut kein Hypoderma, sondern unmittelbar ihr anliegend die schwarze Masse, die auf der Innenseite von den Bastfasern begrenzt wird. Die Epidermiszellen sind vollständig entwickelt, ihre innere tangentiale Wand ist deutlich als Grenzlinie der schwarzen Masse zu sehen. Von dieser ragen wieder kurze stumpfe Kegel nach auswärts in die Epidermis hinein, wodurch scheinbar die Innenwand der daselbst befindlichen Oberhautzelle vorgedrängt und der Außenwand genähert wird. Das ist der Befund an der reifen Furcht. Die Partien, welche den Zapfen entsprechen, erscheinen am Längsschnitte als Zwickel, also als jene Stellen, wo mehrere Zellen zusammenstoßen und sie sind auch die Brücken, die im Flächenbilde zu beobachten sind. Die auffällige Tatsache, daß der reifen Frucht das Hypoderma fehlt, bestätigt auch Gerdts (l. c. S. 31), der außerdem bemerkt, daß die Entstehung des »Interzellularraumes« ähnlich wie bei *Rudbeckia* verläuft. Das Perikarp von *Rudbeckia* besitzt aber ein Hypoderma mit 10—15 Zellreihen; die Zellwände sind wie bei *Siegesbeckia* netzig verdickt. Es bleibt sonach zu untersuchen, ob nicht die jüngeren Stadien der Perikarpentwicklung von *Coreopsis* ein Hypoderma besitzen, was mir als sehr wahrscheinlich gilt. Da mir die Beschaffung des nötigen Materials noch nicht möglich war, so muß ich diese Frage offen lassen und behalte mir ihre Bearbeitung vor.

Carthamus tinctorius L. (Fig. 8).

Das Flächenbild der schwarzen Masse weicht von den bisher betrachteten sehr auffällig ab. Zum Verständnisse desselben muß

zuerst bemerkt werden, daß die Masse nur innerhalb eines Sklerenchyms auftritt, wie es schon Pfister (vgl. Hanausek II, S. 4) richtig angegeben hat. Wir haben ein solches Vorkommen auch bei *Sclerocarpus* beobachtet, wo der zweite Entstehungsherd der Masse im Sklerenchym sich vorfindet (Hanausek II, S. 21). Endlich ist in der *Perezia*-Wurzel das Auftreten der Masse ebenfalls an das Sklerenchym gebunden. Das subepidermal gelegene Sklerenchym von *Carthamus* [1]) besteht aus verschieden langen, parallel zur Fruchtlängsachse gestreckten porösen Sklereiden mit wellig buchtigen Längswänden, die allmählich in gestreckte faserartige Sklereiden übergehen; in dieser Zone liegt die schwarze Masse. Den Konturen der Sklereiden entspricht nun auch das Flächenbild: an einzelnen Stellen, wo nämlich noch wellig konturierte Zellen vorhanden sind, kann man deutlich den Umriß einer Sklereide mit den mehr oder weniger geraden Kurz- und den gebuchteten Längswänden erkennen sowie das Vorkommen von Poren. Von Abdrücken oder Lücken der Zäpfchen ist nichts zu bemerken, was ja begreiflich ist, da es sich hier nicht um die Außenseite eines Bastfaserbündels handelt, das an ein dünnwandiges Hypoderma anschließt und da die Masse ja im Innern des Sklerenchyms auftritt. Die unmittelbar angrenzenden Sklerenchymzellen sind bräunlich gefärbt. Wieso die Masse im Querschnitte die Breite und Mächtigkeit der umgebenden Zellen erlangt, muß erst entwicklungsgeschichtlich festgestellt werden.

[1]) Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreiches, 2. Aufl., 1903, 2. Bd., S. 866.

Über Symmetrieverhältnisse in Blüten*)

von

K. Goebel (München).

Mit 11 Figuren im Text.

Eingelangt am 27. August 1907.

Die auffallenden Verschiedenheiten, welche man in den Blüten betreffs der Symmetrieverhältnisse antrifft, mußten zu Versuchen, eine Erklärung dafür zu finden, auffordern. Wir können diese Erklärungsversuche in zwei Gruppen, die kausalen und die teleologischen einordnen. Beide leiten die dorsiventralen Blüten von den radiären ab, nehmen also eine Symmetrieänderung an. Die kausalen Erklärungsversuche machten für diese Druckverhältnisse oder die Schwerkraft verantwortlich, die teleologischen weisen auf die Anpassung der dorsiventralen Blüten an die Bestäubungsvermittler hin. Die beiden Gruppen von Erklärungsversuchen brauchen ja nicht notwendig einander auszuschließen, sei es, daß man, auf lamarckistischem Standpunkt stehend, mit Delpino[1]) annimmt, daß die »finale Ursache« für die Ausbildung dorsiventraler Blüten in einem »Nisus formativus«, Instinkt oder Bildungsprinzip begründet sei, welches die äußeren Faktoren nur als Orientierungsreize benutze, sei es, daß man die Symmetrieverhältnisse irgendwie entstanden und dann durch Zuchtwahl in bestimmter Richtung weiter gebildet sich denkt.

Die experimentelle Untersuchung hat bis jetzt wenig Anhalts-

*) Der Forscher, welchem die Festschrift gewidmet ist, ist einer der wenigen, welcher neuerdings das schwierige Gebiet der pflanzlichen Symmetrielehre durch eingehende Untersuchungen gefördert hat. (Vgl. z. B. die »Untersuchungen über den Einfluß der Lage auf die Gestalt der Pflanzenorgane, I, die Anisomorphie der Pflanze«, Sitzungsber. der k. k. Akad. der Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Kl., Bd. XI, 1892.) Es mag deshalb auch die vorliegende Studie trotz ihrer Unvollkommenheit einen Platz in der Festschrift finden.

[1]) Delpino, Zigomorphia florale e sue cause. Malpighia, vol. I. (1888), S. 43 ff.

punkte für die Entscheidung der Frage gegeben.[1]) Es schien mir aber, daß auch eine kritische Behandlung der Tatsachen selbst Anhaltspunkte ergeben könne.

In dieser Hinsicht wurde früher[2]) schon darauf hingewiesen, daß die von Darwin und mit besonderem Nachdruck von Delpino aufgestellte Ansicht, daß anemophile Pflanzen keine dorsiventralen Blüten hätten, nicht zutrifft. Delpino z. B. sagt: »Si danno fiori zigomorfi presso le piante anemofile? *A priori* la risposta non è dubbia. Se la zigomorfia florale è uno speciale adattamento, ad animalcoli pronubi, questo carattere dovrebbe cessare in tutte le piante che hanno fiori fecondati per intermezzo del vento.«

Sieht man sich aber die Diagramme unzweifelhaft windblütiger Pflanzen wie z. B. *Heleocharis palustris*[3]) oder der »typischen« Grasblüte, der zweinarbigen weiblichen Carexblüten, sodann von »hydrophilen« Pflanzen die männliche Blüte von *Zannichellia* und *Vallisneria* an, so sieht man, daß diese Blüten zweifellos dorsiventral oder, wenn man will, »zygomorph« sind. Derartige Fälle sind von den genannten Forschern wohl nur deshalb übersehen worden, weil sie an große auffällige Blüten in erster Linie dachten.

Ebenso ist besonders zu betonen, daß bei einer ganzen Anzahl von Blüten sich die Dorsiventralität geltend macht durch etwas für die Bestäubungsverhältnisse meist Gleichgültiges: die Stellung des Gynäzeums. Wir sehen bei einer großen Anzahl von sonst radiären Blüten dann, wenn das Gynäzeum nur aus zwei oder einem Fruchtblatt besteht, dieses in der Medianebene der Blüten orientiert, also die Blüten, wenn man auf das Gynäzeum Rücksicht nimmt, nicht mehr radiär ausgebildet. Schon diese Tatsachen zeigen, wie mir scheint, daß man mit teleologischen Erwägungen nicht auskommt, daß vielmehr andere Gründe für die Orientierung und Stellung innerhalb der Blüten maßgebend sein müssen.

Ausgehend von einer Reihe von Erfahrungen wird im folgenden angenommen, daß die Symmetrieverhältnisse bedingt werden durch die Ernährungsverhältnisse, unter denen die Blütenknospe zur Zeit der Organanlegung steht. Sind diese ringsum gleichartig, so entstehen radiäre Blüten, sind sie ungleichartig, so entstehen Blüten, bei denen die obere oder die untere Seite gefördert ist [epi- und

---

[1]) Vgl. die in Goebel, Organographie, I., S. 111 ff., zitierte Literatur.
[2]) A. a. O. S. 115.
[3]) Eichler, Blütendiagramme I, S. 117 und S. 120.

hypotrophe [1]), was bei den einzelnen Kreisen einer und derselben Blüte wechseln kann] oder beide [pleurotrophe] [2]) oder eine Flanke [monopleurotrophe Blüten]. Da letzterer Ausdruck ein ziemlich schwerfälliger ist, könnte man ihn durch die Bezeichnung »klinotroph« ersetzen, entsprechend der von Wiesner angewandten Bezeichnung klinotrop.

Im folgenden möchte ich zunächst betonen daß im Verlauf der Entwicklung vielfach eine Änderung der Symmetrieverhältnisse eintritt. Eine solche ist bekannt für manche dorsiventrale Blüten, welche radiär oder bilateral angelegt und im Verlauf der Entwicklung dorsiventral werden, wobei die Dorsiventralitätsebene meist mit der Medianebene zusammenfällt. Sehr wenig oder gar nicht beachtet hat man aber die Fälle, in denen hypotrophe und pleurotrophe Ausbildung sich vereinigen und die, in welchen eine spirotrophe Ausbildung, d. h. eine Förderung in einer Schraubenlinie stattfindet.

Eine solche findet sich aber nicht nur in einzelnen Blüten, sondern auch in ganzen Blütenständen. Gerade diese Fälle zeigen besonders deutlich, daß es sich dabei um eine Anpassungserscheinung nicht handeln kann.

Beginnen wir mit einem verhältnismäßig einfachen Beispiel:

Saxifraga.

Nach Eichler [3]) sind die Fruchtblätter hier »median oder in die Ebene von Sep. 1« gestellt, im letzteren Falle ist die Blüte also schräg dorsiventral, was sich bei Formen wie *S. sarmentosa*, bei welcher die Dorsiventralität nicht nur in der Stellung des Fruchtknotens, sondern auch in anderen Merkmalen stark hervortritt, besonders ausprägt.

Nimmt man einen ganzen Blütenstand von *S. granulata* auf [4]) (Fig. 1), so sieht man, daß die Stellung des Fruchtknotens in bestimmter Beziehung zu dem Gesamtaufbau des Blütenstandes steht. Es ist eine Endblüte *E* vorhanden, unterhalb deren die Seitenblüten 1, 2, 3, 4, 5 in den Achseln ihrer Deckblätter entspringen. Jede Blüte hat zwei Vorblätter, bei der untersten Blüte 5 steht der Fruchtknoten median. Eine Seitenblüte ist hier nicht entwickelt. Bei den übrigen Blüten, am wenigsten bei 2, ist die Symmetrale des Fruchtknotens

---

[1]) Entsprechend den von Wiesner vorgeschlagenen Bezeichnungen (J. Wiesner, Untersuchungen über den Einfluß der Lage auf die Gestalt der Pflanzenorgane) (1892), S. 23.

[2]) Vgl. auch Goebel, Archegoniatenstudien, X, Flora, 96. Bd. (1906), S. 64.

[3]) Blütendiagramme, II, S. 422.

[4]) Die Abbildungen dieser Abhandlung sind mit Ausnahme von Fig. 2, 3, 4, 11 entworfen von Herrn Dr. W. Kuppa.

nach dem β-Vorblatt hin abgelenkt, statt median zu stehen, wie dies in Fig. 1 bei 1 durch den Pfeil eingetragen ist. Dieses Vorblatt ist zugleich dasjenige, welches allein eine Seitenblüte zweiter Ordnung hervorbringt. Falls überhaupt eine solche auftritt, zeigt sich ferner, daß diese Förderung stets auf dieselbe Seite der Blüte fällt, hier die linke. Man kann die β-Vorblätter in eine den Sproß von links unten nach rechts oben verlaufende Schraubenlinie anordnen, die Richtung der Schraubenlinie kann bei anderen Exemplaren auch eine entgegengesetzte sein. Die Gesamtsymmetrie des Blütenstandes prägt sich auch

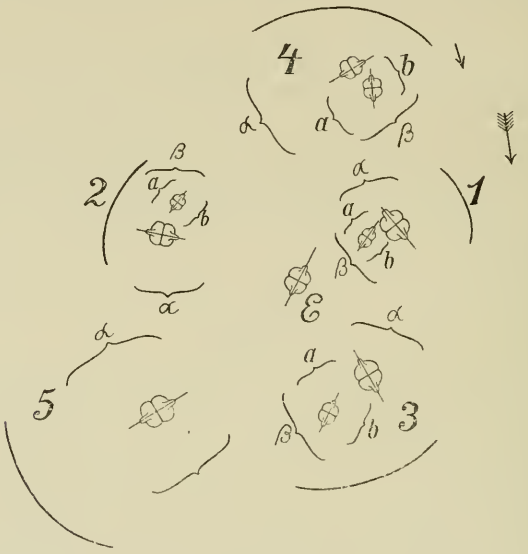


Fig. 1. Diagramm einer Infloreszenz von *Saxifraga granulata*. *E* Endblüte, 1—5 Seitenblüten verschiedenen Alters, *α*, *β* deren Vorblätter, *a*, *b* die Vorblätter der Seitenblüten der Blüten 1—4.

in dem Verhalten der Deckblätter speziell im oberen Teil der Infloreszenz aus. Der Blütenstiel (resp. der Stiel der Teilinfloreszenz) steht nämlich nicht vor der Mitte des Deckblatts, sondern mehr dem einen Rand genähert, und zwar ist der geförderte Teil des Deckblattes der, welcher in der Förderungsrichtung der ganzen Infloreszenz liegt. Analoge Verhältnisse, nur mit viel weiter gehender »Drehung« der Blüten finden wir bei *Canna*.

An der Hauptachse der Infloreszenz stehen hier Blütenpaare. Die Seitenblüte dieser fällt stets auf dieselbe Seite der Hauptblüte. Sie lassen sich also wie bei *Saxifraga granulata* in einer Spirale

anordnen und wie dort stehen die Blüten erster Ordnung nicht vor der Mitte des Deckblattes, sondern die Einzelblüten sind hier ganz asymmetrisch. Dies hängt meiner Ansicht nach damit zusammen, daß auch in jeder Einzelblüte eine Förderung, welche in einer Schraubenlinie verläuft, schon sehr frühzeitig eintritt, eine Förderung, welche sich auch in der bekannten Tatsache ausspricht, daß das Staubblatt auf der einen Seite ein petaloides Anhängsel hat (Fig. 2). Dies fällt stets in die Richtung der Auxese in der Blüte und in derselben findet auch die Narbenentwicklung statt. Es findet dabei eine Verspätung in der Entwicklung der mit α und β bezeichneten Teile der »Flügel« statt, dadurch gewinnt die Schraubenlinie einen

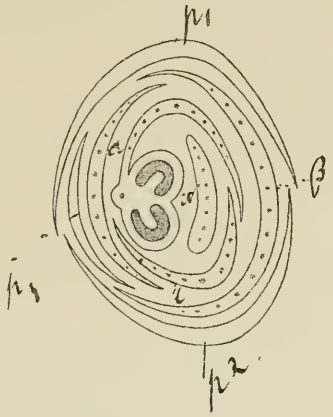


Fig. 2. Querschnitt durch eine *Canna*-Blüte nach Eichler. Der Kelch nicht gezeichnet.

unregelmäßigeren Verlauf, als sie ihn sonst besitzen würde, sie geht nämlich von p_1 nach p_2, p_3, dem Staubblatt, dem Labellum l (welches ungleichseitig ausgebildet ist und eine in der Richtung der Spirale geförderte Seite zeigt), α, β. In der Seitenblüte ist die Spirale, in der die Förderung stattfindet, mit der der Hauptblüte homodrom.

Diese Konstruktion gestattet, wie mir scheint, die sonderbare Konfiguration der *Canna*-Blüte auf einen Vorgang zurückzuführen, welcher auch sonst auftritt. Sehen wir uns zum Beispiel eine Blüte von *Vinca* an, so finden wir bekanntlich die fünf Lappen der Blumenkrone asymmetrisch. Der größere Teil jedes Abschnittes fällt stets auf dieselbe Seite. Die Förderung findet in einer »Spirale« statt, nur beschränkt sie sich hier auf die Blumenkrone, die Blüte ist sonst dorsiventral (wenn man den Fruchtknoten und die beiden

Drüsen berücksichtigt). Und in der vegetativen Region geht dieselbe spirotrophe Förderung zum Beispiel bei den Pandaneen und vielen Laubmoosen vor sich, sie setzt teils früher, teils später ein. Worin sie begründet ist, wissen wir nicht, ebensowenig wie uns bekannt ist, worauf der »Drehwuchs« vieler Bäume zurückzuführen ist. Es wird aber schon etwas gewonnen sein, wenn wir eine Anzahl von Erscheinungen unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt bringen können. Bei *Canna* spricht sich die spirotrophe Förderung im Gesamtblütenstand auch darin aus, daß die Blüte erster Ordnung nur auf der geförderten Seite ein Vorblatt hat. Wir würden aber offenbar ein äußerliches Moment in den Vordergrund stellen, wenn wir etwa dem Vorblatt als solchem einen fördernden Einfluß zuschreiben wollten, wir sahen ja, daß vielmehr eine spirotrophe Förderung der Gesamtinfloreszenz vorliegt.

Dies ist im Auge zu behalten bei Beurteilung der Symmetrieverhältnisse der Blüten in einer Familie, welche für die uns hier beschäftigenden Fragen von besonderer Bedeutung ist. Es sind dies die

Valerianeen

welche uns zu einer Besprechung klinotropher Blüten überleiten sollen.

Gewöhnlich führt man diese an als »eines der seltenen Beispiele wirklich asymmetrischer Blüten«.[1]) Richtiger hat, wie mir scheint, Wichura[2]) die Verhältnisse bezeichnet, wenn er sagt: »Während also bei den übrigen unregelmäßigen Blüten die symmetrischen Ebenen sämtlicher Wirtelkreise zusammenfallen, müssen wir in den Blüten der Valerianeen zwei dergleichen . . . annehmen, die sich unter rechtem Winkel durchschneiden.« Sehen wir uns die Verhältnisse näher an.

Bekanntlich sind die Blüten typisch fünfzählig. Vom Kelche können wir hier absehen. Die Blumenkrone zeigt bei allen eine mehr oder minder stark hervortretende dorsiventrale Ausbildung, die auch in der bei manchen sich findenden Spornbildung sich ausprägt. Auch in der sonstigen Gestaltung der Blumenkrone tritt die Übereinstimmung mit derjenigen median-dorsiventraler Blüten hervor. Diese spricht sich auch aus darin, daß das median nach hinten liegende Staubblatt verkümmert ist, wie dies z. B. bei den Labiaten, vielen Skrophularineen u. a. der Fall ist. Nicht aber damit

[1]) Eichler a. a. O. I, S. 276.

[2]) M. Wichura, Beiträge zur Lehre von der Blatt- und Knospenstellung, Flora, XXIX (1846), S. 240.

stimmt, z. B. bei *Valeriana* (Fig. 3), die Ausbildung der übrigen drei Staubblätter und des einzigen fertilen, eine Samenanlage tragenden Fruchtknotenfaches. Deren Stellung geht aus dem Diagramm Fig. 3 hervor. In der älteren Blüte sind verkümmert die mit 4 und 5 bezeichneten Staubblätter, 5, weil es auf der Oberseite steht, 4, weil die Blüte nicht nur hypotroph, sondern auch klinotroph ist. Auf der Seite des β-Vorblattes allein bildet sich auch eines der drei Fruchtblätter fertil aus. Wir sehen, daß eine Förderung der Blüte eingetreten ist auf der dem fruchtbaren Vorblatt β zugekehrten Seite. Hier ist das mit 1 bezeichnete Staubblatt entwickelt, das dem Vorblatt zugekehrte, 4, dagegen ist verschwunden. Tatsächlich sehen wir also in der Blüte zwei verschiedene »Kräfte« wirken: die eine in der Mediane des Tragblattes, die andere in der

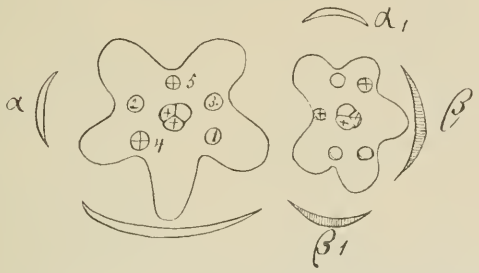


Fig. 3. Schema für die Blütengestaltung dreimänniger Valerianaceenblüten, z. B. *Valeriana* und *Valerianella*. Kelch nicht berücksichtigt (bei den Seitenteilen sind die Bezeichnungen α_1 und β_1 vertauscht).

Richtung des fruchtbaren Vorblattes. Freilich wird man kaum annehmen können, wie Eichler dies tat, daß das β-Vorblatt »fördernd oder doch konservierend auf die ihm benachbarte Blütenseite einwirke«, vielmehr dürfte, wie oben ausgeführt, beides eine Folge der auf den Blütenvegetationspunkt einwirkenden Verhältnisse sein. Eine teleologische Zurechtlegung dieser Erscheinung hat meines Wissens bis jetzt niemand versucht!

Schon bei *Valeriana Phu* sind die drei Staubblätter meist von ungleicher Größe, namentlich das mit 1 bezeichnete tritt an Länge des Filaments zurück gegenüber den beiden anderen, von welchen 3 am größten ist. Bei *Fedia cornucopiae* ist das bei *V. Phu* kürzer ausgebildete Staubblatt ganz geschwunden, es sind also nur noch zwei Staubblätter vorhanden. Auch hier aber spricht sich die Förderung der β-Seite darin aus (Fig. 4), daß das hier stehende der beiden Staubblätter das längere ist; auch seine Anthere ist, wie der Querschnitt

Fig. 4 zeigt, massiger als die des anderen Staubblattes. Schwindet dieses letztere, so gelangen wir zu *Centranthus* mit nur einem Staubblatt.

Fig. 5 gibt einen Mikrotomschnitt durch einen Blütenwickel von *C. ruber* wieder. Es geht daraus hervor, daß die sämtlichen Staubblätter ihre Pollensäcke nach außen, ihr Konnektiv nach innen kehren und der ganze Blütenwickel ein durch eine vertikale Teilungsebene in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften teilbares Ganze darstellt. In diesen Wickeln sind die Sporne alle nach vorn und außen gerichtet, die Staubblätter nach innen und die fertilen Fruchtknotenfächer desgleichen. Die Medianebene der Blüten macht aber nicht

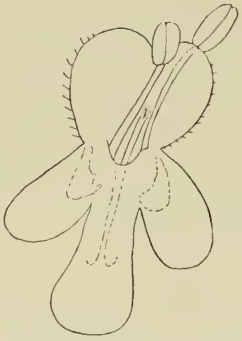


Fig. 4. *Fedia cornucopiae.* Blüte von oben gesehen (vergr.). Das Staubblatt auf der rechten Seite ist länger als das auf der linken. (Das Filament des letzteren ist zu dick gezeichnet.)

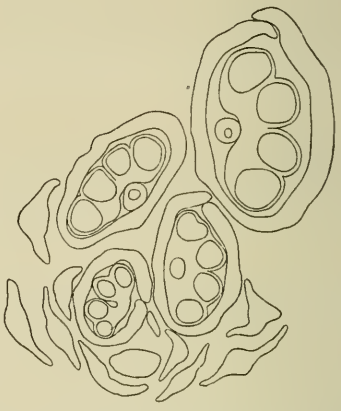


Fig. 5. Querschnitt eines Blütenwickels von *Centranthus ruber.*

einen Winkel von 90°, wie dies nach dem gewöhnlichen Wickelschema der Fall sein sollte (und wie dies auch von Eichler a. a. O. Fig. 147 *F* gezeichnet wird), sondern nur einen von etwa 45°.

Wir sehen also bei den Valerianeen folgendes:

1. Die Symmetrieverhältnisse der Blüten werden von in verschiedener Richtung wirkenden Faktoren beeinflußt.

2. Diese Beeinflussung macht sich in verschiedenen Abstufungen geltend.

3. Die Blüten ordnen sich so an, daß die einzelnen asymmetrischen oder vielmehr bisymmetrischen Blüten einen Blütenwickel — wenigstens im fertigen Zustand — bilden, dessen Symmetrieebene vertikal steht.

4. Teleologisch sind die Symmetrieverhältnisse hier nicht erklärbar. Ob das fertile Fruchtknotenfach und die Förderung der

Staubblattentwicklung nach einer und derselben Seite hin fallen, ob die Staubblätter gleichlang sind oder nicht, ist für die Bestäubung der Blüten offenbar ohne Bedeutung.

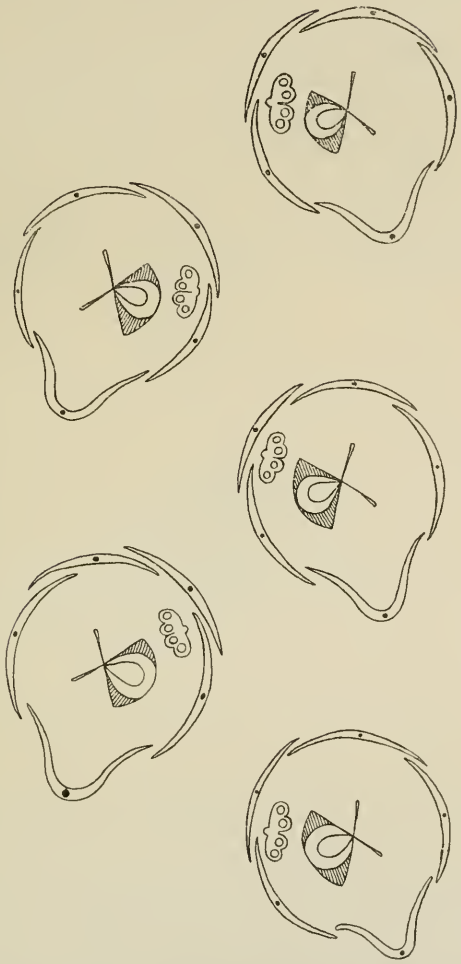


Fig. 6. Schema eines Blütenwickels von *Centranthus ruber*.

5. Ebensowenig sind die geschilderten Verhältnisse aus der Druckhypothese verständlich zu machen, die ja auch auf die spirotrophen Blüten keine Anwendung finden kann.

Das letztere gilt auch für die **Solaneen**, für welche die Druckhypothese zunächst aufgestellt wurde. Die hier sich findenden An-

ordnungsverhältnisse mögen an einigen Beispielen hervorgehoben werden.

Schwendener[1]) hat die Vermutung aufgestellt, daß die Schiefstellung des Fruchtknotens zum Beispiel bei *Atropa* damit im Zusammenhang stehe, daß die unterhalb jeder Blüte stehenden »gepaarten Blätter« auf die Blüte einen Druck ausüben. Die »gepaarten« Blätter β und α^1 verhalten sich, weil sie auf gleicher Höhe stehen, wie ein Blatt. Die Symmetrieebene des Druckes erfahre eine Drehung im Sinne der Annäherung an die Mediane dieses einen Blattes und damit drehe sich auch die Symmetrieebene der Blüte.

Schon für die Solaneen findet diese Hypothese keinerlei Stütze in der Entwicklungsgeschichte, welche von einer Druckwirkung der

Fig. 7. *Schizanthus pinnatus*-Schema.

Blätter β und α^1 nichts erkennen läßt. Wir sehen außerdem, daß auch bei *Saxifraga*, wo eine Verschiebung des einen Vorblattes nicht stattfindet, sich die Symmetrieebene verschiebt, die Schwendenersche Hypothese müßte hier annehmen, daß das α-Vorblatt mit seiner Druckwirkung nicht in Betracht komme. Von Interesse ist aber eine Angabe Schwendeners betreffs *Datura*. Hier stehen bekanntlich die Blüten in den Gabeln zwischen zwei Seitensprossen, an denen ihre Tragblätter hinaufgewachsen sind. Schwendener fand, daß, wenn beide Gabeläste gleich stark waren, Medianstellung der Fruchtblätter eintrat, bei Ungleichheit Schrägstellung, freilich fand sich auch in letzterem Falle zuweilen Medianstellung. Bei der Schrägstellung handelt es sich nun offenbar auch hier nicht um Druck,

[1]) Mechanische Theorie der Blattstellungen (1878), S. 124.

sondern um Ernährungsverhältnisse, die Ablenkung der Symmetrieebene findet nach der geförderten Seite hin statt.

Bei den Valerianeen ist die Druckhypothese ohnedies kaum anwendbar. Es mögen für die Solaneen einige Beispiele erläutert werden.

Schizanthus pinnatus (Fig. 7). Bekanntlich sind hier in der Blüte nur zwei Staubblätter entwickelt und die Krone ist stark dorsiventral

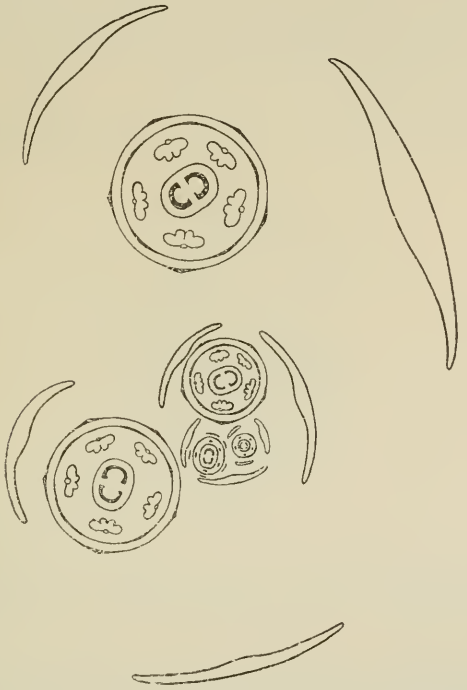


Fig. 8. *Physalis Alkekengi*-Schema.

ausgebildet. Die Symmetrieebenen der einzelnen Blüten schneiden sich unter einem Winkel von etwa 120°.

Wydler sowohl als Eichler nehmen an, daß die Symmetrieebene der Blüten, welche durch das erste Kelchblatt gehe, die Mediane des Deckblattes in einem Winkel von 45° schneide. Dies ist in späteren Entwicklungsstadien auch der Fall, zumal die Blüten sich so drehen, daß ihre Medianebene annähernd vertikal steht.

Untersuchung der ersten Entwicklungsstadien ergab aber, daß die Symmetrieebene der Blüten anfangs fast median steht. Jede Blüte hat zwei Vorblätter, ein steriles und ein fertiles. Die beiden

Vorblätter konvergieren etwas nach der hinteren Seite der Blüte hin. Das erste Kelchblatt, welches die Symmetrieebene der Blüte in sich aufnimmt, steht nun nahezu, wenngleich nicht vollständig dem Deckblatt gegenüber. Daß es nicht vollständig dem Deckblatt gegenüber steht, dürfte darin begründet sein, daß die Blüte zur Zeit der Anlegung des ersten Kelchblattes nicht vor der Mitte des Deckblattes steht, sie wird durch Entwicklung des Achselsprosses des Vorblattes β nach α hin verschoben. Es steht dieser Fall also dem, in welchem die Symmetrieebene der Blüten median steht, noch sehr nahe. Bei den übrigen Solaneen verläuft bekanntlich die Symmetrieebene der Blüten schief zum Deckblatt.

Mit *Schizanthus* stimmt *Physalis* wesentlich überein. (Fig. 8.)

Fig. 9. Schema eines Blütenstandes von *Hyoscyamus*. (Die auf der Außenseite stehenden Blätter sollten eigentlich nicht quer getroffen sein.)

Das Diagramm von *Physalis* zeigt, daß auch hier die Symmetrale des Fruchtknotens nur wenig von der Mediane abweicht. Die Symmetrieebenen der Blüten der beiden Reihen schneiden sich unter einem stumpfen Winkel. Die Dorsiventralität ist zuweilen fast nur durch die Stellung des Gynäzeums, in anderen Fällen auch durch das Andrözeum und die Blumenkrone zum Ausdruck gebracht.

Wenn man die verschiedenen Formen miteinander vergleicht, so zeigt sich, daß die Blüten entweder auf der schräg nach außen gekehrten Seite gefördert, respektive gemindert sind (wie bei *Schizanthus*) oder auf der nach innen und vorne fallenden wie bei *Hyoscyamus*.

Hier ist die Dorsiventralität in Kelch, Blumenkrone und Andrözeum ausgeprägt, die beiden hinteren Kelchblätter und die drei

hinteren Zipfel der Blumenkrone sind größer als die vorderen Teile. Im Androzeum ist bei der Entfaltung eine (wohl korrative) freilich nicht sehr ausgeprägte Förderung der vorderen Seite wahrnehmbar, die drei vorderen Staubblätter werden länger als die beiden hinteren, das vorderste öffnet sich zuletzt.

Die Symmetrieebenen der Blüten stehen hier in dem Blütenstand, der seinen sympodialen Charakter ganz verloren hat, alle untereinander und mit den Deckblättern annähernd parallel, d. h. sie verhalten sich so, als ob die Infloreszenz keine sympodiale, sondern eine monopodiale wäre und das ist sie auch ihrer Entwicklung nach. [1])

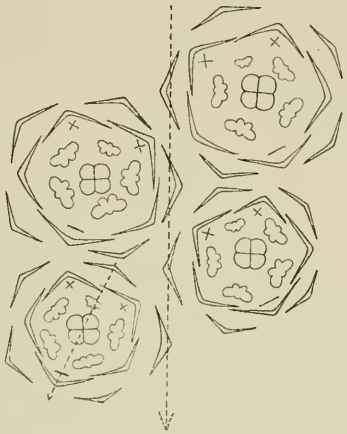


Fig. 10. *Echium reticum*, Schema eines Infloreszenzquerschnittes.

Schumann[2]) sagt von den Solaneen: »Ob die Dehnungsrichtung des Blütenbodens mit der vorzüglich in gleicher Richtung stattfindenden Wachstumszunahme des Boragoids im Zusammenhange steht, wage ich vorläufig nicht zu sagen.« Mir scheint, daß man berechtigt ist, einen solchen Zusammenhang anzunehmen, bei den monopodial wachsenden Wickeln von *Hyoscyamus* hat die »Drehung« der Symmetrieebene in der Richtung des Boragoids stattgefunden, die Blüten sind in ähnlicher Weise epi-, respektive hypotroph wie bei einem gewöhnlichen Monopodium.

Unter den Borragineen finden sich dorsiventrale Blüten unter anderem bekanntlich bei *Echium*. Diese zeichnen sich dadurch

[1]) Vgl. W. Müller, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Infloreszenzen der Borragineen und Solaneen (Flora, 94. Bd. [1905], S. 385.)

[2]) Untersuchungen über den Blütenanschluß, 1890, S. 319.

aus, daß die zwei hinteren Blätter der Blumenkrone, in Fig. 10 mit ++ bezeichnet, bedeutend größer sind als die drei vorderen, von denen das mit — bezeichnete das kleinste ist. Analog verhalten sich auch, wenngleich weniger ausgesprochen, die Kelchblätter; das fünfte, am meisten nach innen stehende ist das kleinste, umgekehrt, wie schon aus dem Diagramm hervorgeht, die Staubblätter. Wenn man nur auf die bis jetzt genannten Teile der Blüte Rücksicht nimmt, so erscheint die Blüte dorsiventral und ihre Symmetrieebene geht durch das Kelchblatt 4 und das kleinste Blatt der Blumenkrone. Die Symmetrieebenen der einzelnen Blüten schneiden sich aber nicht, wie dies die Wickeltheorie eigentlich verlangt, unter einem rechten Winkel, sondern unter einem solchen von 45°. Der Fruchtknoten dagegen wird durch die Symmetrieebene der Blüte nicht symmetrisch geteilt, er steht annähernd in der Medianebene des Deckblattes der Blüte.

Aus dem Diagramm erhellt, daß trotzdem der Blütenwickel eine (vertikal stehende) Gesamtsymmetrieebene besitzt.

Es treten hier also deutliche Beziehungen der Ausgestaltung der einzelnen Blüten zur Gesamtsymmetrie des Blütenstandes hervor.

Man hat die dorsiventrale Ausbildung der Blüten auch hier teleologisch auszudeuten gesucht. So sagt zum Beispiel Chr. K. Sprengel[1]): »Die Blüte mußte irregulär sein, weil sie eine horizontale Stellung hat und der Saft gegen Regen gesichert sein sollte.« Wenn auch zugegeben sein mag, daß die Hervorwölbung des hinteren Teiles der Blumenkrone als Regenschutz dienen mag, so ist doch zu bemerken, daß der Nektar hier durch die Verengerung des basalen Teiles der Blumenkrone ohnedies schon vor dem Eindringen von Regentropfen geschützt ist. Außerdem ist ja nicht nur die Blumenkrone an der dorsiventralen Ausbildung der Blüte beteiligt.

Den erwähnten Dikotylen mögen sich noch zwei Monokotyle anschließen.

Heliconia (Fig. 11).

Untersucht wurde eine von Garteninspektor B. Othmer in den Münchner Garten aus Trinidad eingeführte Art, die wohl mit *Heliconia psittacina* identisch ist.

Nach Eichler (a. a. O. S. 167) wäre *Heliconia* »median zygomorph«. Ich finde sie ausgesprochen klinotroph (Fig. 11). Das spricht

[1]) Das neuentdeckte Geheimnis usw. (1798), S. 99.

sich schon darin aus, daß die erste Blüte nicht vor der Mitte des Deckblattes und ihr Vorblatt (o^1) schräg seitlich steht, was sich bei jeder folgenden Blüte wiederholt. Die Blüten sind stark dorsiventral

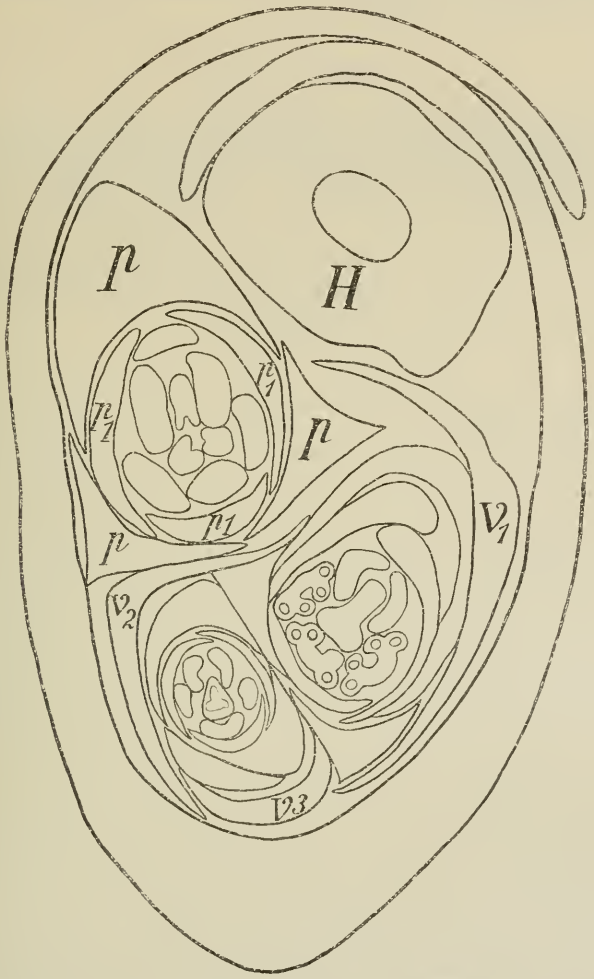


Fig. 11. Querschnitt durch eine Infloreszenz von *Heliconia psittacina*. *H* Hauptaxe, p äußeres, p_1 inneres Perigon, v_1 v_2 v_3 Vorblätter der Blüten 1, 2, 3.

ausgebildet, in Kelch, Blumenkrone und Androzeum. Das vor das größte Kelchblatt fallende Staubblatt ist nur als Staminodium ausgebildet, das ihm gegenüberstehende Fruchtblatt ist, wie namentlich die zweite Blüte zeigt, gefördert. Die Symmetrieebene der Blüte macht mit der ihres Deckblattes einen Winkel von etwa 15°, sie

verläuft nahezu parallel mit dem Vorblatt; die Verhältnisse liegen ganz ähnlich wie bei *Strelitzia*, welche gleichfalls untersucht wurde, indes kann betreffs dieser Pflanze auf das von Eichler gegebene Diagramm verwiesen werden.

Commelinazeen.

In dieser Gruppe sind alle Übergänge von radiären zu klinotroph-dorsiventralen Blüten vorhanden.[1]) Besonders ausgeprägt ist die Dorsiventralität bei *Commelina* und *Cochliostemma*. Wie schon Clark hervorgehoben hat, ist Eichlers Diagramm von *Commelina coelestis* (a. a. O. Fig. 70 β) insofern nicht ganz richtig, als das erste Kelchblatt und mit ihm die Symmetrieebene der Blüte nicht nach außen, sondern schräg nach hinten fällt.

Es ist eine auffallende Tatsache, daß in den zymösen Infloreszenzen, von welchen oben einige Beispiele gegeben wurden, die einzelnen Blüten sich so anordnen, daß ein der Hauptsache nach symmetrisches Ganze entsteht. Wie weit wir dafür mit Hofmeister[2]) die Schwerkraft verantwortlich machen können, bleibt zweifelhaft; sicher ist dies zum Beispiel nicht der Fall bei den von Hofmeister angeführten Beispielen von *Fumaria* und *Corydalis*. Betrachten wir einen Doppelwickel z. B. einer Labiate, so liegt in ihm ein deutliches Beispiel von »Exotrophie« vor, d. h. die Blütenbildung findet nur auf der der Hauptachse abgewendeten Seite statt. Das scheint mir das hauptsächlich bestimmende Moment zu sein. Aus ihm ergibt sich dann auch bei klinotrophen Blüten die symmetrische Anordnung von selbst. Es ist ja nicht undenkbar, daß auch bei den klinotrophen Blüten die Förderung der schief seitlich gelegenen Partie von der Schwerkraft beeinflußt sind, etwa vergleichbar der Erscheinung des Lateralgeotropismus. Experimentelle Anhaltspunkte liegen aber dafür so wenig wie für die hypo- und epitrophen dorsiventralen Blüten vor.

Hier kam es nur darauf an, zu zeigen, daß die Symmetrieverhältnisse der Blüten primär weder durch Druckverhältnisse noch durch teleologische Erwägungen erklärbar, sondern auf Verschiedenheiten in den Ernährungsverhältnissen zurückzuführen sind, die sich im Verlauf der Entwicklung von Blüten und Blütenständen ändern können.

---

[1]) Vgl. J. Clark, Beiträge zur Morphologie der Commelinazeen, Flora, 93. Bd., 1904.

[2]) Allg. Morphologie, S. 580.

Über die Notwendigkeit des Natriums für eine farblose Meeresdiatomee

von

Oswald Richter (Prag).

Eingelangt am 2. September 1907.

Seitdem man durch die Anwendung der Wasserkultur die Ernährungsbedingungen der höheren grünen Pflanzen und die zehn Elemente *C*, *H*, *O*, *N*, *P*, *S*, *Ca*, *K*, *Mg* und *Fe* für sie als notwendig erkannt hatte, gewöhnte man sich auch gleichzeitig, dieses Ergebnis zu verallgemeinern und ohne weitere Prüfung anzunehmen, daß auch niedere grüne Pflanzen wie die Algen die gleichen Anforderungen an den Boden stellten. Wie unrichtig und voreilig das war, haben die Untersuchungen von Molisch[1]) auf diesem Gebiete gezeigt, der durch seine Ergebnisse über die mineralische Nahrung der Pilze[2]) und den dabei geglückten Nachweis von der Entbehrlichkeit des *Ca* förmlich dazu gedrängt wurde, auch die Algen nach dieser Hinsicht zu untersuchen. Tatsächlich wies er für viele Algen die Entbehrlichkeit des *Ca* nach.

Ich muß hier absehen von der Fülle von Arbeiten, die sich seither insbesondere angeregt durch die Veröffentlichungen Beijerincks[3]) und Artaris[3]) über die *C*- und *N*-Nahrung der niederen Grünalgen einstellten und will nur darauf hinweisen, daß sich auch die Diatomeen in vieler Hinsicht als nach dieser Richtung sehr beachtenswert herausgestellt haben. Während sich

[1]) Molisch, H., I. Die Ernährung der Algen. I. Sep.-Abdr. d. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien, Bd. CIV, Abt. I, Okt. 1895, S. [788] 6.

[2]) Molisch H., II. Die mineralische Nahrung der Pilze. I. Abhandlung ebenda, Bd. CIII, Abt. I, 1894, S. [554] 1.

3) Vgl. die Literatur bei Richter, Oswald, I. Die Bedeutung der Reinkultur. Berlin 1907. Verlag von Gebrüder Borntraeger.

nämlich bei den Grünalgen bezüglich der mineralischen Nährstoffe eine auffallende Genügsamkeit, ein Minus an Ansprüchen ergeben hat, haben die Diatomeen sich gerade viel ungenügsamer gezeigt als die höheren grünen Pflanzen. Nicht genug daran nämlich, daß sie anscheinend alle die Elemente, die die höhere grüne Pflanze braucht, auch benötigen, sie verlangen auch noch *Si* in der Nährlösung für ein normales Gedeihen. Es war das meines Wissens der erste Fall, wo man die Notwendigkeit der Kieselsäure für eine bestimmte Pflanzengruppe nachweisen konnte.[1]) Welche Folgerungen sich daraus möglicherweise für die Equisetaceen und andere SiO_2-reiche Pflanzen ergeben könnten, ist anderorts des genauern angeführt worden.[2])

Hier interessiert es uns, daß die Gruppe der Diatomeen einen Vertreter beherbergt, der sich auch dadurch auszeichnet, daß er *Na* notwendig braucht.

Bekanntlich haben die Untersuchungen von Cohn[3]), Provazek[4]) und insbesondere Benecke[5]) die Existenz farbloser Meeresdiatomeen zweifellos erwiesen, die entsprechend ihrem Farbstoffmangel eine völlig saprophytische Lebensweise führen. Im März des Jahres 1906 ist mir nun die Reinzucht einer solchen Diatomee, die morphologisch der *Nitzschia putrida Benecke* am meisten gleicht, geglückt. Indem ich bezüglich der sonstigen Ergebnisse über die saprophytische Ernährung, Aërobiose usf. auf die kurze Inhaltsangabe über den in Stuttgart gehaltenen Vortrag verweise[6]), möchte ich hier auf das oben bereits angedeutete Ergebnis von der Notwendigkeit des *Na* für diese Diatomee etwas genauer, jedoch durchaus im beschränkten Rahmen einer vorläufigen Mitteilung eingehen. Insbesondere bezüglich der Tabellen, Tafeln und Photo-

---

[1]) Richter, Oswald, II. Zur Physiologie der Diatomeen. (I. Mitteilung.) Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien, 1906, Bd. CXV, Abt. I, Jännerheft, S. [27] 1.

[2]) Richter, Oswald, II. l. c. S. [47] 21.

[3]) Cohn, F., Entwicklungsgeschichte der mikroskopischen Algen und Pilze. Verh. d. K. Leop. Car. Akad. d. Naturforscher 1854, Bd. XVI, 1.

[4]) Provazek, S., *Synedra hyalina*, eine apochlorotische Bacillarie. Österr. bot. Zeitschr. 1900, S. 69.

[5]) Benecke, W., Über farblose Diatomeen der Kieler Föhrde. Pr. Jb. f. w. Bot., Bd. XXXV, Heft 3, S. 535. Vgl. hier das ausgiebige Literaturverzeichnis.

[6]) Richter, Oswald, III. Über die Physiologie farbloser Diatomeen (mit Demonstrationen). Verhandl. der 78. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Stuttgart 1906, II. Teil, 1. Hälfte, S. 280.

graphien muß auf die demnächst erscheinende ausführliche Bearbeitung dieser interessanten Kieselalge vertröstet werden.[1])

Die gezüchtete farblose *Nitzschia* stellt gleichzeitig die erste absolut rein gewonnene Meeresdiatomee vor und es war daher nur natürlich, daß gerade der Frage nach der Rolle des *Cl Na* in ihrer Ernährung eine größere Aufmerksamkeit gewidmet wurde. Dabei war zunächst festzustellen, ob das Kochsalz notwendig ist und wenn ja, nachzusehen, ob es lediglich die Rolle eines osmotischen Faktors besitzt oder aber als Nährsubstanz betrachtet werden muß.

Es gelang bisher nicht, bei direkter Überimpfung der rein gezüchteten farblosen Diatomee auf kochsalzfreie Nährböden auch nur eine Spur von Entwicklung zu erzielen mit der weiter unten angegebenen Ausnahme, wo *Na Cl* durch *Na* NO_3 ersetzt war. Damit war die erste Hauptfrage beantwortet und es fragte sich nun, welche Rolle wohl das *Cl Na* bei der Ernährung spiele.

Doch ehe ich auf die Versuchsergebnisse genauer eingehe, seien die beiden Möglichkeiten von der Bedeutung des *Cl Na* als osmotischer Faktor und der als Nährstoff kurz diskutiert.

Was zunächst die zweite Möglichkeit anlangt, so ist bisher weder *Na* noch *Cl* je als unumgänglich notwendig erkannt worden. Zwar findet man in Anbetracht der Allgegenwart des ersten Stoffes das *Na* bei jeder Pflanzenanalyse vor, doch haben die Ernährungsversuche zweifellos seine Entbehrlichkeit für die höheren und bisher auch für die niederen Pflanzen dargetan.[2]) Auch läßt sich bei Zusatz nicht allzu großer Mengen des Stoffes keine merklich fördernde oder schädigende Wirkung feststellen.

Das Chlor hinwiederum scheint, gewissen Nährlösungen, so der von Sachs, als *Cl K* zugesetzt, sehr geeignete Umsetzungen in der Flüssigkeit zur Folge zu haben, so daß es wiederholt zu diesem Behufe empfohlen worden ist. Als notwendig ist auch das *Cl* meines Wissens niemals erkannt worden.

Ganz anders steht es um die erste Möglichkeit. Man hat sich daran gewöhnt, anzunehmen, daß alle Meerespflanzen Kochsalz als osmotischen Faktor brauchen. Eine Meeresperidinee, in Süßwasser gelegt, stirbt momentan, Leuchtbakterien wachsen als halophile

[1]) Richter, Oswald, IV. Zur Physiologie der Diatomeen (II. Mitteilung). Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien 1907/08.

[2]) Vgl. die Lehrbücher von Pfeffer, W., Wiesner, J., Jost, L., u. a. und Molisch, H., I. und II. l. c.

Organismen nicht, wenn man sie in kochsalzfreie Nährlösung überträgt, gedeihen aber prächtig, wenn man sie statt auf *Cl Na*- auf *Cl K*-, KNO_3- usf. haltigen Nährböden kultiviert, die einem *Cl Na*-Nährboden mit 3% *Cl Na* isosmotisch sind.[1])

Zur Orientierung über die Mengenverhältnisse, in denen das Kochsalz geboten werden muß, um noch ein Gedeihen der farblosen Diatomee zu ermöglichen, sei zunächst der folgende Versuch kurz erwähnt, dem eine große Anzahl gleichartig ausgefallener, mit Agar und Gelatine ausgeführter angereiht werden könnte.

Zu einem süßen Agar[2]) mit 0·1% Leuzingehalt wurde Kochsalz in den Mengen von 0·5, 1, 1·5, 2, 2·5 und 3% zugesetzt und mit dem Stammagar als Kontrolle zu einem großen Versuche verwendet. Die Impfung erfolgte am 10. April 1906.

Ergebnis: 0% zeigt keine, 0·5%, 1%, 1·5% usf. mehr oder minder starke Entwicklung, die proportional zur stärkeren Kochsalzzugabe stärker erscheint.

Beachtenswert ist dabei, daß die farblose *Nitzschia* noch bei 0·5% *Cl Na* gedeiht, also an den geringen *Cl Na*-Gehalt des Nährsubstrats noch viel anpassungsfähiger erscheint als braune Meeresdiatomeen.[3]) Seinerzeit[4]) wurde nachgewiesen, daß die Süßwasserdiatomeen *Nitzchia Palea* (*Kütz.*) *W. Sm.* und *Navicula minuscula Grun. v. H.* ohne vorherige Gewöhnung selbst auf 1·5%, beziehungsweise 2% *Cl Na* gezogen werden können und daß braune Meeresformen ohne Schwierigkeit sofort bei 1% *Cl Na* wachsen. Jetzt stellt sich heraus, daß man mit der farblosen *Nitzschia putrida* in den *Cl Na*-Gaben noch tiefer heruntergehen kann.

Es genügen bloß 0·5% *Cl Na* für ihre Entwicklung bei direkter Impfung ohne vorherige Gewöhnung an niederen Kochsalzgehalt.

Daher mußte es auch ganz interessant sein, nachzusehen, wie weit man in den Kochsalzgaben nach oben gehen konnte und bei welchem Prozentgehalte die Entwicklung unterbleibt.

---

[1]) Molisch, H., III. Leuchtende Pflanzen, Jena 1904, Verlag von G. Fischer, S. 86.

[2]) Die Zusammenstellung des Agars lautete:

1000 *g* dest. Wasser	0·2 *g* $Ca(NO_3)_2$
18 *g* gewässert. Agar	0·05 *g* $MgSO_4$
1 *g* Leuzin	Spur $FeSO_4$.
0·2 *g* K_2HPO_4	

[3]) Richter, Oswald, II. l. c. S. [82] 56.

[4]) Richter, Oswald, II. l. c. S. [79] 53.

Am 2. März 1907 wurde deshalb ein Versuch mit Gelatine durchgeführt, der 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10% *Cl Na* zugesetzt worden war. Am 23. März schon war der Versuch völlig eindeutig.

Bei 0% keine Entwicklung,
» 1—3% maximale Entwicklung,
» 4—5% sehr reichliche Entwicklung,
» 6% noch immer starke Entwicklung [1]),
» 7—10% keine Spur von Entwicklung.

Der Versuch wurde photographiert. Die Photographie wird der ausführlichen Arbeit beigegeben werden.

Auch dieser Versuch beweist eine vorzügliche Anpassungsfähigkeit der Diatomeen an verschiedene *Cl Na*-Prozente bei unvermittelter Übertragung auf sie.

Um nun zu erfahren, welche Bedeutung das *Cl Na* für die farblose *Nitzschia* besitzt, wurden zunächst eine Anzahl Versuche mit isosmotischen Mengen verschiedener Substanzen durchgeführt.

Zu einem Stammagar der angeführten Zusammensetzung wurde hinzugefügt *Cl K*, $Cl_2 Mg$, $Cl_2 Ca$, KNO_3, $Mg SO_4$, Leuzin, Inulin, Traubenzucker in isosmotischen Mengen mit 3%, bei zwei nächsten Versuchen mit 2% und 1% *Cl Na* und mit dem Stammagar als Kontrolle geimpft.

Jede Impfung war mit vier Strich- und zwei Stichkulturen in Eprouvetten ausgeführt. Außerdem wurden stets je zwei Ausguß- und zwei Strichkulturplatten von jeder Art hergestellt, so daß das Ergebnis stets eigentlich zehn gleichartigen Einzelergebnissen entspricht.

Die verschiedenen Prozentsätze des *Cl Na* in den drei aufeinanderfolgenden Versuchen wurden deshalb gewählt, weil dem Einwand begegnet werden mußte, daß vielleicht die absoluten Konzentrationen der isosmotischen Mengen gewisser Substanzen bei 3%, beziehungsweise 2% *Cl Na* als Ausgangspunkt zu hoch geworden sein konnten.

Da nun, wie gesagt, alle Substanzen in isosmotischen Mengen zugesetzt waren, der osmotische Druck also in allen Lösungen der gleiche war, hätte, wenn *Cl Na* lediglich als osmotischer Faktor wirken würde, überall eine mehr oder minder gleichartige Entwicklung stattfinden müssen.

Das war nun tatsächlich nicht der Fall, vielmehr zeigten sämtliche Versuche übereinstimmend nur dort Entwicklung, wo Kochsalz zugesetzt worden war, sonst nirgends.

Damit ist zunächst ganz zweifellos erwiesen, daß das *Cl Na* nicht so sehr als osmotischer wie vielmehr als Er-

[1]) Damit sind Konzentrationen an Kochsalz, wie sie A. Richter und K. Techet erwähnen, erreicht worden. Vgl. Note 3 und 4, Seite 170.

nährungsfaktor in Frage kommt.[1]) Und damit ist sofort die Frage aufgerollt, welches von beiden das *Cl Na* zusammensetzenden Elementen von der farblosen *Nitzschia* benötigt wird.

Auch darüber bieten die angeführten Versuche einigen Aufschluß. In den Zugaben *Cl K*, Cl_2 *Mg*, Cl_2 *Ca* und *Cl Na* erscheint überall das *Cl* vertreten. Und doch hat Entwicklung nur im *Cl Na* stattgefunden. Es kann somit das Chlor nicht das Maßgebende für die Entwicklung gewesen sein.

Deshalb läßt sich aus den genannten Versuchen vorläufig der folgende Schluß ziehen:

Das *Na* des Kochsalzes scheint für die rein kultivierte farblose Meeresdiatomee notwendiges Nährelement zu sein.

Diese Anschauung gewänne natürlich sehr an Wahrscheinlich-

---

[1]) Einen etwas beunruhigenden Erfolg wies ein Versuch auf, der mit Gelatine durchgeführt worden war.

Die Stammlösung wurde mit je 2% von *Cl Na*, *Cl K*, Cl_2 *Ca* und Cl_2 *Mg* versetzt. Jeder Versuch war mit je drei Strich- und drei Stichkulturen ausgeführt. Die Impfung erfolgte am 15. Dezember 1906. Am 3. Jänner 1907 hatte die Diatomee in 2% *Cl Na* in allen sechs Eprouvetten bereits ihr Maximum erreicht, in *Cl K* war keine, in Cl_2 *Ca* in einer Eprouvette (Strichkulturen) eine sehr geringe, in *Mg* Cl_2 in zwei Eprouvetten spurenweise Entwicklung, in zweien die erste Andeutung eines Wachstums, in zweien aber recht reichliche Entwicklung zu bemerken.

Am 15. März hatte sich dann das Bild dahin geändert, daß noch in zwei weiteren Eprouvetten *Ca* Cl_2 Entwicklung eingetreten war und in *Mg* Cl_2 ein recht reichliches Wachstum Platz gegriffen hatte. Dazu muß noch bemerkt werden, daß in Anbetracht der Verwendung von Gelatine von der Benutzung Merckscher Reagentien für die Zusätze abgesehen wurde.

Da weitere neue Versuche mit gewässertem und dann erst zum Versuche verwendetem Agar stets die Entwicklung bloß in *Cl Na* zeigten, bleibt nur die folgende Erklärung für die obige Erscheinung übrig.

Zunächst könnte eine Verunreinigung des damals verwendeten *Mg* Cl_2 und *Ca* Cl_2 zur Erklärung herangezogen oder angenommen werden, daß die Gelatine wohl selbst nicht hinreichend *Na Cl* enthalte, um allein die Entwicklung zu gestatten, aber doch so viel, um, vorausgesetzt, daß durch *Mg* Cl_2 oder *Ca* Cl_2 die osmotischen Verhältnisse geregelt werden, eine Entwicklung zu ermöglichen. Jedenfalls lehrt dieser Versuch entsprechende Vorsicht. Exakt kann die Frage nach der Notwendigkeit des *Na* für Meeresorganismen nur mit Hilfe gewässerten Agars oder mit Nährflüssigkeiten gelöst werden. Es wären somit von diesem Standpunkte aus die bisherigen Befunde über die Bedeutung des *Cl Na* für Meeresorganismen einer neuerlichen Prüfung zu unterziehen. Denn immer da, wo Gelatine oder sonst ein relativ komplizierter Nährboden in Verwendung kam, wird der oben angedeutete Einwand gemacht werden können.

keit, wenn man nun mit anderen Natriumsalzen auch Entwicklung erzielen könnte. Das ist in der Tat der Fall.

Der erste Versuch nach dieser Richtung wurde mit isotonischen Mengen von Natronsalpeter, Natriumazetat, Natriumammoniumphosphat, Natriumkarbonat, doppeltkohlensaurem Natron, Natriumoxalat, Natriumphosphat und Natriumsulfat, 3% *Cl Na* als Vergleichsmenge gedacht, ein zweiter mit zweiprozentigen Lösungen von Natronsalpeter, Natriumazetat*, Natriumdisulfit, Natriumthiosulfat, Seignettsalz, Natriumsulfat, Natriumaluminiat**, Natriumphosphat*, Natriumammoniumphosphat*, Natriumsulfit*, Natriumoxalat**, Natriumbioxalat**, Natriumbikarbonat*, Natriumsalizilat und *Cl Na* durchgeführt. Auch bei späteren, einfacheren Versuchen mit *Cl Na*, Na_2SO_4, $NaNO_3$ wurden stets 2% der Substanzen zugesetzt. Der erste war ein Versuch mit Agar, der zweite einer mit Gelatine, die späteren alle Agarversuche. Der erste wurde mit je zehn Einzelimpfungen, der zweite mit je sechs Einzelimpfungen für jede Zugabe durchgeführt.

Das Ergebnis fiel übereinstimmend dahin aus, daß nur bei *Cl Na*- und $NaNO_3$-Zusatz Entwicklung stattfand, sonst nirgends. Dabei erwies sich Kochsalzzusatz als Optimum, indem hier bereits maximale Entwicklung beobachtet werden konnte, wenn bei $NaNO_3$ erst eine mittlere Entwicklung zu sehen war.

Beim ersten Versuche war noch der Einwand, die zu hohe Konzentration gewisser Salze verhindere die Entwicklung[1]), berechtigt. Dem wurde im zweiten und den späteren Versuchen vorgebeugt durch die Wahl lauter zweiprozentiger Lösungen.

Trotzdem muß es immer noch auffallen, daß eine ganze Anzahl anscheinend sehr passender *Na*-Quellen keine Entwicklung ermöglichen. Man denke bloß an das Natriumphosphat, Natriumkarbonat usf.

Hier liegt die Antwort in dem mehr oder minder großen Alkali- oder Säuregehalt dieser Verbindungen. Um diesen Faktor ersichtlich zu machen, wurden die Substanzen, die starken Alkaligehalt bedingten, mit einem *, die, welche Säuerung hervorriefen, mit zwei ** Sternchen in der angedeuteten Weise bezeichnet. Da, wie seinerzeit ausgeführt wurde, nur schwache Alkaleszenz ein Gedeihen ermöglicht, ist die Unmöglichkeit, nach Zusatz der bezeichneten Substanzen zum Nähragar Wachstum zu erhalten, unschwer verständlich.

Daß bei den Giften, wie Natriumsulfit usf. keine Entwicklung stattfindet, ist erklärlich, aber auch für das Ausbleiben der Entwicklung auf Na_2SO_4 läßt sich eine plausible Erklärung finden. Bekanntlich sind die Verbindungen, einmal aufgelöst, nicht mehr als solche,

[1]) So ist z. B. erst 7·29% Na_2SO_4 isosmotisch mit 3% *Cl Na*.

sondern ionisiert in der Lösung vorhanden. Danach wäre der Schluß berechtigt, daß das Ion SO_4, weil Na nach dem Gesagten notwendiges Nährelement ist, in unserem Falle giftig wirkt.[1])

Sonach bleibt von allen verwendeten Substanzen auch theoretisch nur der Natronsalpeter als die dem $Na\ Cl$ in isosmotischer und ernährungsphysiologischer Hinsicht und in bezug auf Reaktion nächststehende Verbindung allein übrig und tatsächlich gelingt es auf diese Art, farblose Diatomeen auch ohne Kochsalz auf Natronsalpeterböden zu ziehen. Auch der Ausfall dieser Versuche beweist, daß nicht das Chlor, sondern das Natrium für die Ernährung der Diatomeen von Bedeutung ist.

Ziehen wir jetzt die früher mitgeteilten Erfahrungen über die direkte Anpassung an verschiedene Kochsalzgehalte der Nährmedien in Betracht, so finden wir erklärlich:

1. daß die Entwicklung auf $Cl\ Na$-freiem Agar unterbleibt;

2. daß bei niederem Kochsalzgehalte die Entwicklung mangelhaft erscheint. Es wird eben entsprechend dem niederen $Cl\ Na$- auch der Natriumgehalt herabgesetzt und da nun das Na notwendig ist, wird sein Fehlen oder sein geringes Vorhandensein auch das Wachstum entsprechend beeinflussen;

3. warum bei höherem Prozentgehalt die Entwicklung unterbleibt. Denn proportional zur Kochsalzmenge wird die Natriumquantität vergrößert. Und es ist ja bekannt, daß jeder Nährstoff in zu großen Mengen schädlich wirkt;

4. warum die Diatomee schon bei 0·5% $Cl\ Na$ zu gedeihen vermag. Wäre das Kochsalz osmotischer Faktor, so ließe sich diese Erscheinung unmöglich verstehen. Wenn aber Na ein notwendiges Nährelement ist, so ist die Erklärung leicht. 0·5% $Cl\ Na$ enthält eben schon soviel Natrium, als zur Entwicklung nötig ist.

Auch auf die Diatomeenform und dadurch indirekt auf die Kolonieform hat das Na oder besser ein relativ geringer Natriumzusatz einen Einfluß. Doch die diesbezügliche Beweisführung, die ohne Photographien und Zeichnungen unmöglich ist, würde zu weit vom Ziele dieser vorläufigen Mitteilung ablenken, deren Hauptzweck es ja war, zu zeigen:

---

[1]) Sehr passend lassen sich hier die Erfahrungen Beneckes über die Wirkung von $Na_2\ SO_4$-Lösungen auf Spirogyren zum Vergleiche heranziehen Benecke, W., Über die Giftwirkung verschiedener Salze auf *Spirogyra* und ihre Entgiftung durch Kalziumsalze. B. d. d. b. G. 1907, 25. Jahrg., Heft 6, S. 329.

Daß es heute für einen Meeresorganismus und zwar für eine farblose Diatomee, aller Wahrscheinlichkeit nach die *Nitzschia putrida Benecke*, zweifellos feststeht, daß sie des Natriums als notwendigen Nährelementes bedarf.

Über das Vorkommen von „Physcion“[1] (Hesse)=„Parietin“ (Thomson, Zopf) in den Flechten und über den mikrochemischen Nachweis desselben

von

Emanuel Senft (Wien).

Mit Tafel V.

Eingelangt am 7. September.

Die Flechten sind bekanntlich dadurch ausgezeichnet, daß in ihrem Körper eine Anzahl merkwürdiger Stoffwechselprodukte vorkommt, welche mehreren chemischen Gruppen angehören. Die meisten von ihnen zählen zu den aromatischen Körpern und besitzen entweder Farbstoff- oder Säurecharakter.

Dank den rastlosen Arbeiten von Hesse, Paterno, Zopf und anderen Forschern, welche durch zahlreiche Publikationen auf diesem Gebiete die chemische Literatur bereichert haben, wurden

---

[1]) Obwohl über die richtige Benennung des hier behandelten Flechtenstoffes zurzeit noch sehr verschiedene Meinungen herrschen (siehe darüber Hesse, Journal für prakt. Chemie, Bd. 73, S. 151), so will ich mich hier der Hesseschen Bezeichnung »Physcion« anschließen und behalte sie, um die Arbeit einheitlich zu gestalten, durchwegs bei. Die allgemeine Verbreitung der gelben Wandflechte »*Theloschistes parietinus*« (*Xanthoria parietina*) brachte es mit sich, daß dieselbe vielfach untersucht wurde. Es ist hier nicht der Ort, die einzelnen Arbeiten zu berühren und es soll diesbezüglich auf die »Geschichte der Lichenologie« von Krempelhuber verwiesen werden, welche alle die älteren Arbeiten auszugsweise mit Angabe der Quelle bespricht. Während die veralteten Bezeichnungen für das Physcion (Hesse) heute kaum mehr in Betracht kommen, findet man in den neueren Büchern mehrere Namen für diesen Körper, so Chrysophansäure (Rochleder und Heldt), Parietin (Thomson und Zopf), Physciasäure (Paterno), Chrysophyscin (Lilienthal).

nicht nur die chemischen und physikalischen Eigenschaften einzelner dieser Körper eingehend bekannt, sondern wir verdanken den genannten Forschern auch eine ganze Reihe von Konstitutionsformeln für die einzelnen Körper.

In welcher Hinsicht diese Stoffe vom biochemischen Standpunkte in Betracht kommen, ist nicht bekannt und man weiß über ihre Entstehung, ihre Verwertung im Flechtenorganismus oder über ihre sonstige Bestimmung fast gar keine Auskunft zu geben.

Man hat sie vielfach als Schutzmittel gegen Tierfraß (Bachmann, Stahl, Zopf, Zukal) oder als Schutzmittel gegen andere Noxen zu erklären versucht, man kann aber kaum darüber zweifeln, daß ihnen noch eine ganze Reihe von anderen Bestimmungen zukommt.

Während die meisten Autoren die Flechtensäuren und andere Flechtenstoffe als Schutz gegen Tierfraß verallgemeinern, bemerkt Zopf [1]), daß manche Flechten von gewissen Tieren gefressen werden und daß für diese die geringe oder übermäßige Ausscheidung von Flechtensäuren keineswegs einen Schutz gegen die Angriffe der Tiere bedeutet. So konnte Zopf l. c. bei der gelben Wandflechte *Theloschistes parietinus* (*Xanthoria parietina*) sowie auch bei anderen physcionhaltigen Flechten beobachten, daß gerade die am meisten Physcion führenden oberflächlichen Teile zuerst und mit besonderer Vorliebe gefressen werden.

Für diese Beobachtung Zopfs, welche Stahl [2]) in seiner neuesten Arbeit durch Versuche bestätigt, finde ich in dem überaus reichen Herbarmaterial, welches mir zur Verfügung steht, vielfache Bestätigung.

Bei sehr vielen Exemplaren der gelben Wandflechte, die sehr intensiv, manchmal fast zinnoberrot gefärbt sind, findet man an manchen Stellen die ganze obere Rinde abgelöst und ein Blick in das Mikroskop zeigt deutliche Fraßspuren.

Ein besonders interessantes Objekt liefert ein von Jelinek [3]) gesammeltes Exemplar. Auf diesem haben die Tierchen reichliche Kotstückchen deponiert, welche aus Hyphen, Algenzellen und Phys-

---

[1]) W. Zopf, Zur biologischen Bedeutung der Flechtensäuren. Biolog. Zentralblatt, Bd. XIV, 1896, S. 594 u. ff.

[2]) E. Stahl, Die Schutzmittel der Flechten gegen Tierfraß. Festschrift zum siebzigsten Geburtstage von Ernst Haeckel. Jena 1904.

[3]) Expedition Novara. Kap der guten Hoffnung. Am Tafelberg.

cion bestehen, welch letzteres sich durch Einlegen der Kotpartikelchen in Kalilauge intensiv rot färbt.

An dieser Stelle will ich auch noch die Frage berühren, ob das Physcion, ebenso wie die Flechtensäuren, eine gewisse antiseptische Wirkung ausübt, durch welche die lange Lebensdauer der Flechten zu erklären ist.

Schwarz[1]) will diese Vermutung der antiseptischen Eigenschaften der Flechtensäuren dadurch nicht bestätigt finden, daß eine wässerige Abkochung von *Lecanora* schon nach einigen Tagen (bei Sommertemperatur) von Bakterien wimmelte.

Der Versuch Schwarz' ist aber entschieden nicht einwandfrei und überzeugend, um diese Frage endgültig zu erledigen, da dabei nicht die Verhältnisse eingehalten wurden, wie sie tatsächlich in der Pflanze selbst vorkommen.

Viel überzeugender und die Annahme, daß den Flechtenstoffen eben eine konservierende Wirkung zukommt, geradezu bestätigend sind die jüngsten Versuche Stahls[2]), welche gezeigt haben, daß die durch Extraktion der Flechtensäuren befreiten Exemplare der Flechten viel rascher durch Bakterien zersetzt werden als solche, aus denen die Flechtensäuren nicht entfernt wurden.

Die zahlreichen Arbeiten, welche über die Flechtenstoffe erschienen sind, zeigten, daß in dem Flechtenkörper ganz tiefgreifende physiologische Prozesse vor sich gehen müssen und daß diese von der Einwirkung verschiedener Faktoren abhängig sind.

Hesse[3]) zählt in den Schlußbemerkungen seiner großen Arbeit über Flechtenstoffe einige dieser Faktoren auf.

Die langjährige Untersuchung auf diesem Gebiete hat Hesse gezeigt, daß diese Körper in einer und derselben Pflanze nicht immer vorzukommen pflegen.

Bis auf einige Ausnahmen hat es sich gezeigt, daß die Jahreszeit auf dieselben so viel wie gar keinen Einfluß ausübt, welcher Umstand Hesse zu dem Schlusse führte, daß die meisten dieser Stoffe, wenn nicht alle — nicht als Reservestoffe, sondern als Exkrete aufzufassen sind.

---

[1]) Schwarz, Chemisch-botanische Studien über die in den Flechten vorkommenden Flechtensäuren. Cohns Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. III, Breslau 1880.

[2]) Stahl l. c.

[3]) Hesse, Beitrag zur Kenntnis der Flechten und ihrer charakteristischen Bestandteile. 3. Mitteilung. Journal für praktische Chemie, Bd. 58, 1898, S. 550.

Von großem Einflusse auf die Produktion dieser Körper sind nach Hesse das Substrat, die klimatischen Verhältnisse u. a., welche nicht nur die Qualität, sondern auch die Quantität bedingen.

Als treffendes Beispiel kann hier gleich das Physcion, welches den Gegenstand dieser Abhandlung bildet, angeführt werden. Die gewöhnliche Wandflechte *Theloschistes parietinus* (*Xanthoria parietina*) produziert, ob sie auf Pappeln, Weiden, Obstbäumen, Brettern, Felswänden o. dgl. wächst, überall das Physcion, welches in und auf der oberen Rindenschicht in Form von kleinen gelbgefärbten Körnchen abgelagert wird und welches der Flechte die charakteristische gelbe Farbe verleiht. Allein, wenn diese Flechte auf Pinien übersiedelt, läßt die Produktion des Physcions nach, die Flechte erscheint dementsprechend mehr oder weniger grün und bildet nun Atranorin (Hesse).

Ich habe wiederholt beobachtet, daß bei der auf Akazien wachsenden Wandflechte ebenfalls das grüne Kolorit vorwaltet und glaube, daß auch die Lichtintensität für die Produktion von Physcion von großer Bedeutung ist.

So konnte ich ebenfalls wiederholt beobachten, daß Exemplare von *Theloschistes parietinus*, welche dem intensiven Lichte ausgesetzt waren, eine intensiv gelbe Farbe besaßen, und andere, welche dagegen wenig Licht bekamen, mehr weniger grünlich oder grau waren.

Dieses Vorkommnis, welches meist auch mit einer Umgestaltung der Thallusläppchen (die breiter sind als gewöhnlich) vor sich geht, führte De Notaris[1]) zur Aufstellung der Varietät »*lividus*«, welche folgend charakterisiert ist: »Thallus livido-virescens vel plumbeus, late lobatus.«

Hierher gehören auch zwei Exemplare von *Theloschistes parietinus*, welche ich unter den Flechten des Wiener Hofmuseums vorfand und die als *var. virescens Nyl.* bezeichnet sind.[2])

Ebenfalls hierher gehören die in derselben Sammlung befindlichen, von Harmand auf Akazien gesammelten[3]) Exemplare der *Th. par. var. chlorina Chev.*

Die Thalli der soeben angeführten Flechten sind so wie die von mir an jungen Akazien gesammelten grau oder graugrün gefärbt und nur der äußerste Rand ist intensiv gelb umsäumt.

---

[1]) De Notaris, Frammenti lichenografici di un lavoro inedito. Gior. bot. ital. 1846.

[2]) Diese wurden von Schweinfurt auf *Citrus Limonum* in Gärten bei Damiette (Ägypten) gesammelt.

[3]) Harmand, Lichenes Lotharingiae Nr. 357.

Durch Kalilauge[1]) färben sich die Thalli gar nicht, nur der gelbe Rand wird dadurch rot gefärbt.

Die ungleiche Verteilung des Physcion kann man übrigens, wie schon Schwarz l. c. bemerkte, auch bei den typisch gelben Exemplaren von *Theloschistes parietinus* beobachten; so pflegten beispielsweise der Thallusrand sowie die Stellen, wo ein junges Apothezium entwickelt wird, sehr intensiv gefärbt zu sein, wogegen die vom Rande mehr entfernten Stellen sowie das Exzipulum der älteren Apothezien in trockenem Zustande grau erscheinen und beim Befeuchten dann das Grün der Algenzellen durchschimmern lassen.

Diese Erscheinung kann man aber nicht nur bei der gelben Wandflechte, sondern auch bei vielen Caloplacen (*Sect. Amphiloma* und *Sect. Gasparrinia*) beobachten.

Während man allgemein annimmt, daß die Ausscheidung der Flechtensäuren und anderer Flechtenstoffe zumeist auf die obere Rinde (seltener auf das Mark) lokalisiert ist und in der unteren Rinde äußerst selten oder gar nicht vorkommt, ist Schwarz l. c. der Meinung, daß das Physcion ursprünglich an beiden Seiten vorhanden ist und durch die Reibung der äußeren Teile der Thallusunterseite am Substrat schon frühzeitig entfernt wird.

So konnte Schwarz l. c. bei der gelben Wandflechte, welche auf faulem Holze wuchs, »wo also die Reibung weniger wirken konnte« (?), auch auf der Unterseite die Anwesenheit von Physcion nachweisen.

---

[1]) Die Kalilaugelösung spielt in der Lichenologie als Reagens eine große Rolle. Insbesondere bei den Flechten mit gelbem Kolorit, wie *Theloschistes Caloplacen* (*Sect. Amphiloma*, *S. Gasparrinia*, *S. Callopisma*) wird sie direkt sozusagen als Hilfsmittel zur Differentialdiagnose herangezogen. Die wichtigsten gelb gefärbten Flechtensäuren und andere Flechtenstoffe sind, um sie hier kurz zu nennen: Calicin (Hesse), Chrysocetrarsäure (Hesse) = Pinastrinsäure (Zopf) = Oxypulvinsäure (Hesse), Rhizocarpsäure (Zopf), Vulpinsäure (Spiegel) = Methylpulvinsäure (Zopf), Callopisminsäure (Zopf); diese besitzen nicht die Eigenschaft, sich mit *KOH* unmittelbar rot oder violett zu färben. Diese Eigenschaft kommt allein dem Physcion (Parietin) zu und man kann daher bei den Flechten mit gelbem Kolorit die Kalilauge fast als ein spezielles Reagens auf Physcion ansehen. Andere in reinem Zustande wohl auch gelb oder rot gefärbte Flechtenstoffe, wie Fragilin (Zopf), Solorinsäure (Zopf) und Nephromin (Hesse) färben sich zwar mit *KOH* ebenfalls recht charakteristisch, sie wurden jedoch bis jetzt in den Flechten mit gelbem Kolorit noch nicht nachgewiesen.

Die Meinung Schwarz', daß sich das Physcion ursprünglich auf beiden Seiten der Flechte befand, durch mechanische Reibung aber von der Unterseite entfernt wurde, stimmt mit meinen Beobachtungen durchaus nicht überein.

Im heurigen Frühjahre sammelte meine Frau in Ragusa eine auf Moosen wachsende Abart von *Theloschistes parietinus*. Es war eine sehr schmallappige Form der Varietät *ectaneus Ach. fallax Hepp.*

Bei dieser Flechte kann von einer mechanischen Reibung auf der Unterseite keine Rede sein, da sich die Pflanze durch Rhizinen auf dem einen Moosästchen festklammert und dann von beiden Seiten frei in der Luft hängend weiterwächst, bis sie wieder eine passende Anheftungsstelle für die Rhizinen findet, was mitunter Zwischenräume von 1 *cm* Länge und mehr ausmacht.

Auch bei dieser Pflanze kann man ausschließlich auf der Thallusoberseite und bloß am äußersten Rande der Unterseite die Färbung verfolgen. Die Unterseite selbst ist bei allen Exemplaren vollkommen farblos.

Unter dem Herbarmaterial des Wiener Hofmuseums finde ich einige Exemplare von *Th. par. var. ectaneus*, welche tatsächlich, wie Schwarz l. c. bemerkte, eine intensiv gefärbte Unterseite haben.

Auch fast sämtliche Exemplare der Varietät »*aureolus*« *Mass.*, deren Thalli durchweg überaus intensiv orangegelb bis orangerot gefärbt sind, sind durch eine mehr oder weniger gelb gefärbte Unterseite charakterisiert.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß Schwarz eine solche auf der Unterseite typisch gelb gefärbte und auf Holz wachsende Abart *Th. p. ectaneus* oder *aureolus* untersuchte.

Gerade also bei den auf Steinen wachsenden Abarten *Th. p. ectaneus* und *aureolus*, wo man tatsächlich von der Reibung der manchmal ziemlich am Substrat anliegenden Thallusläppchen sprechen kann, findet man fast regelmäßig eine intensiv gefärbte Unterseite.

Die auffallende rote Färbung der physcionhaltigen Flechten kommt nicht selten vor, so z. B. bei vielen Caloplacen (*Sect. Gasparrinia*). Ein typisches Beispiel findet man bei der *C.* (*Sect. Gasparrinia*) *murorum, var. miniata Th. Fr.*, die durch eine intensiv ziegelrote Farbe gekennzeichnet ist, u. a.

Es ist sehr interessant, daß das aus solchen intensiv gefärbten Flechten gewonnene Physcion, wie es Hesse[1]) aus *Gasp. elegans*

[1]) Hesse, Beiträge zur Kenntnis der Flechten und ihrer charakteristischen Bestandteile. II. Mitteilung. Journal f. prakt. Chemie, Bd. 57, S. 446.

dargestellt hat, im reflektierten Lichte mehr rot erscheint als das aus normal gelb gefärbten Exemplaren gewonnene. Hesse l. c. glaubt, daß dieser Farbenunterschied durch den verschiedenen Gehalt an Protophyscion bedingt ist.

Um einwandfreie chemische Analysen der Flechten in bezug auf die Flechtensäuren oder andere Flechtenkörper durchführen zu können, ist vor allem ein ansehnliches Quantum an zu untersuchendem Material nötig. Wenn auch die Flechten zu den allgemein verbreiteten Pflanzen gehören, so ist es — wenige ganz allgemeine Spezies ausgenommen — außerordentlich schwer, in den meisten Fällen sogar vollkommen ausgeschlossen, eine zu solchen Untersuchungen ausreichende Quantität zusammenzubringen.

Überall dort, wo man für die makrochemische Analyse keine zureichende Quantität des Materials aufbringen kann, insbesondere dort, wo man in die physiologischen Verhältnisse der Pflanze einen Einblick gewinnen will oder aber, wo es sich gar um einen lokalen Nachweis des einen oder anderen Körpers in der Pflanze handelt, nimmt man zur Mikrochemie Zuflucht.

Diese vereinigt in sich zwei unschätzbare Eigenschaften. Sie bedarf ein Minimum an Material unter Anwendung von kürzester Zeit. Die Notwendigkeit des mikrochemischen Nachweises der Flechtenkörper wurde schon früher erkannt und so haben Bachmann[1]) und Zopf[2]) bei ihren Studien einigemale den mikrochemischen Nachweis in Betracht gezogen.

Daß für die mikrochemischen Untersuchungen die bereits für die rein dargestellten Flechtenkörper bekannten Reaktionen in erster Linie zur Anwendung kommen, ist natürlich. Diese müssen jedoch häufig erst diesem Zwecke angepaßt werden, anderseits müssen für diesen Nachweis manche neue Verfahren ersonnen werden.

Durch mehrjährige Versuche habe ich die Überzeugung gewonnen, daß sich der mikrochemische Nachweis für die verschiedensten Flechtenstoffe in vielen Fällen mit gutem Erfolge benutzen läßt und ich zweifle nicht, daß es mit der Zeit gelingen wird, einen analytischen Gang zum Nachweise der häufigsten Flechtenkörper auszuarbeiten.

[1]) E. Bachmann, Mikrochemische Reaktionen auf Flechtenstoffe als Hilfsmittel zum Bestimmen der Flechten. Zeitschrift f. wissensch. Mikroskopie, Bd. III.

[2]) W. Zopf, Zur Kenntnis der Stoffwechselprodukte der Flechten.

Die mikrochemische Untersuchung von Flechtenkörpern wird auch in vielen Fällen dort gute Dienste leisten, wo die Menge der aus einer Flechte bereits rein dargestellten Substanz derart klein ist, daß sie sich für die allgemeine chemische Untersuchung nicht verwenden läßt.

Bei dem mikrochemischen Nachweise solcher Körper in der Flechte selbst wird man allerdings denselben Schwierigkeiten begegnen, welche sich auch dem mikrochemischen Nachweise von verschiedenen Körpern in den höher organisierten Pflanzen in den Weg stellen.

Man hat es hier wie dort mit keinen reinen Körpern, sondern mit ganzen Komplexen zu tun und so muß schon von vornherein darauf aufmerksam gemacht werden, daß die mikrochemische Untersuchung der Flechten vorerst nur einen orientierenden Wert besitzt, daß sie aber in den Händen eines geübten Lichenologen von nicht zu unterschätzender Bedeutung sein kann.

Von großer Wichtigkeit für den mikrochemischen Nachweis von Flechtensäuren sowie anderen Flechtenkörpern erscheinen folgende Eigenschaften:

1. daß beide bis auf wenige Ausnahmen in Wasser so gut wie unlöslich sind;

2. daß die meisten mit gewissen Lösungsmitteln, wie Azeton, Alkohol, Äther, Ligroin, Benzol, Chloroform, Schwefelkohlenstoff u. a. leicht extrahiert werden können;

3. daß die meisten sehr leicht kristallisieren, und zwar in den häufigsten Fällen in ganz charakteristischen Formen.

Man kann also die für solche Untersuchungen bestimmte Flechte, um sie schneiden zu können, ruhig im Wasser aufweichen und auch die Schnitte aus derselben im Wasser aufbewahren, ohne fürchten zu müssen, daß gewisse Stoffe ausgelaugt werden.

Weiter kann man dort, wo die Schnitte vermöge des zu kleinen Gehaltes unmittelbar zur Untersuchung nicht taugen, die Flechte mit geeigneten Lösungsmitteln[1]) extrahieren und erhält dann nach

[1]) Hesse verwendet in der letzteren Zeit (siehe 11. Mitteilung seiner Beiträge im Journal für praktische Chemie, Bd. 76, S. 2) zur Extraktion Flechten, wie sie die Natur liefert, ohne sie vorher zu zerkleinern, welches Verfahren in doppelter Hinsicht schätzenswert ist. Erstens bleiben dabei die Flechtenexemplare unbeschadet und es können später die extrahierten Flechten als Analysenbelege

dem Verdunsten des Lösungsmittels am Wasserbade eine hinreichende Menge Stoffes.

Bei diesem Verfahren resultiert entweder ein amorpher Rückstand oder wohl eine kristallinische Masse, mit der weiter aber nichts anzufangen ist — man sieht eben nur, daß es Kristalle sind. Unbrauchbare Kristalle zu erhalten, ist ein Lösungsmittel nötig, aus welchem die Flechtensäuren langsam auskristallisieren können, ohne daß das Lösungsmfttel selbst verdunstet.

Als ein solches kann man, wie ich mich überzeugte, vorteilhaft irgendein fettes Öl benutzen. Am besten ist hierzu seiner Farblosigkeit wegen das Knochen- oder Paraffinöl geeignet.

Sehr viele Flechtensäuren sowie andere Flechtenkörper lösen sich in heißem Öl auf und kristallisieren dann beim Abkühlen des Präparats meist in sehr charakteristischen Formen wieder aus.

Es sei noch ausdrücklich bemerkt, daß sich dazu nicht nur die rein dargestellten Körper sowie auch die Abdampfrückstände, welche bei dem Auslaugen der Flechten (siehe Anmerkung auf S. 183) gewonnen wurden, eignen, sondern daß man hierzu, was besonders vorteilhaft ist, auch unmittelbar die kleinsten Mengen der zerkleinerten Flechte, ja selbst Schnitte aus derselben verwenden kann. Im letzteren Falle allerdings nur dann, wenn der Gehalt an dem zu suchenden Körper nicht gar zu gering ist.

Dieses Verfahren habe ich in meinem jüngsten Vortrage [1]) genau geschildert und verweise, um nicht wiederzuholen zu müssen, auf denselben.

Anderseits läßt sich zum mikrochemischen Nachweis von Flechtensäuren auch das Sublimationsverfahren verwenden, welches recht häufig ganz charakteristische Anflüge liefert.

Zu diesem Zwecke bringt man etwas des bereits rein dargestellten Körpers oder des vollkommen trockenen Abdampfrückstandes (welchen man durch Ausziehen der fraglichen Flechte mit geeignetem Lösungsmittel und Verdunsten des letzteren am Wasser-

---

dienen, zweitens werden dabei die Flechtensäuren, welche zumeist auf der Thallusoberseite vorkommen, zuerst ausgelaugt, wogegen die in tieferen Lagen befindlichen amorphen Stoffe nicht so leicht extrahiert werden; dadurch lassen sich Extrakte gewinnen, die, verhältnismäßig arm an verunreinigenden Körpern, sich viel leichter reinigen lassen.

[1]) 79. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Dresden, 13. Abteilung: »Über ein neues Verfahren zum mikrochemischen Nachweis der Flechtensäuren.« 1907.

bade gewonnen hat) zwischen zwei Objektträger, welche etwa 2 *mm* (nicht mehr!) voneinander entfernt sind, erhitzt den unteren langsam so lange, bis der Körper zu schmelzen beginnt und etwas darüber, hält die Gläschen eine Zeitlang außerhalb der Flamme und beobachtet, ob sich auf dem oberen Gläschen bereits ein Anflug gebildet hat.

Sollte der Anflug noch nicht zustande gekommen sein oder ist er nur sehr schwach, so erhitzt man das Präparat wiederholt und läßt jedesmal auskühlen so lange, bis sich ein genügend dicker Anflug gebildet hat.

Ein zu weit gehendes Erhitzen ist nicht ratsam, da dabei manche dieser Körper zersetzt werden.

Wenn auch die Anflüge manchmal nicht kristallisiert sind, so können sie trotzdem in manchen Fällen zur Ausführung mikrochemischer Reaktionen gebraucht werden.

Wir werden später auf die Physcionsublimate[1]) zurückkommen.

Wenn ich mir in dieser Arbeit vorgenommen habe, den mikrochemischen Nachweis des Physcion zu liefern, so kann ich nicht umhin, auf einzelne Punkte der Hesseschen Arbeit über Physcion zurückzukommen, und zwar deshalb, weil sich manche Reaktionen, welche Hesse für den makrochemischen Nachweis des Physcion aufstellte, mit Vorzug auch für den mikrochemischen Nachweis adaptieren lassen.

Als Material zur Darstellung von Physcion benutzte Hesse die allgemein bekannte gelbe Wandflechte *Theloschistes parietinus* (*Parmelia parietina Ach. Physcia parietina Schaer*). Aus derselben erhielt er neben Physcion noch zwei andere Körper, nämlich das Physcianin und Physciol neben einer wachsartigen Substanz.[2]) Auf das Physcianin und Physciol, Körper, welche nach Hesse beide ursprünglich in der Flechte nicht erhalten waren, sondern durch die chemische Behandlung aus dem in der gelben Wandflechte vorhandenen Atranorin entstanden sind, soll hier nicht eingegangen werden.

Bezüglich der Darstellung des Physcion verweise ich auf die Abhandlung von Hesse, l. c.

---

[1]) Die Eigenschaft der Oxymethylanthrachinone, zu sublimieren, benutzte vor kurzem Mitlacher, um in emodinhaltigen Drogen das Vorkommen derselben durch Sublimation nachzuweisen. Siehe Pharmazeutische Praxis 1906, Heft 11: »Zur Mikrochemie einiger Emodindrogen.«

[2]) Hesse, Über einige Flechtenstoffe. Liebigs Annalen der Chemie. Bd. 284, J. 1895, S. 177 u. ff.

Hesse stellte für das Physcion H_{12} die Formel auf:

$$C_{16}H_{12}O_5 = C_{15}H_9O_4(OCH_3).$$

Das Physcion kristallisiert aus heißem Benzol, Alkohol oder Eisessig in glänzenden, ziegelroten Nadeln, welche bei 270° schmelzen. Höherer Temperatur ausgesetzt, zersetzt sich dasselbe unter Bildung intensiv gelb gefärbter Dämpfe, eines dunkelbraunen Öles, eines geringen Sublimats. In konzentrierter Schwefelsäure löst es sich unzersetzt mit tiefroter Farbe und wird daraus durch Wasser gefällt.

Mit Jodwasserstoff geht es beim Kochen unter Abspaltung von Jodmethyl in Protophyscion, mit Salpetersäure in Mono- und Dinitrophyscion über.

In heißer Natron- oder Kalikarbonatlösung löst es sich beim Kochen spurenweise mit roter Farbe und scheidet sich beim Erkalten wieder ab. Etwas stärker, und zwar mit dunkelroter Farbe löst es sich in heißem Ammoniak.

Mit Kali- oder Natronlauge entsteht eine dunkelkirschrot gefärbte Lösung, während sich gleichzeitig ein dunkelblauer amorpher Niederschlag abscheidet.

In bezug auf die anderen aus Physcion erhaltenen Produkte verweise ich auf die früher zitierte Originalabhandlung von Hesse.

Mikrochemischer Nachweis.

I. Versuche mit reinem Physcion.

Das reine Physcion, welches ich der Liebenswürdigkeit des Herrn Hofrates Dr. Hesse zu verdanken habe, stellt unter dem Mikroskop dünne zitronengelbe, rechteckig abgestutzte Blättchen dar (Abb. 1).

1. *a*) Wenn man auf dasselbe unter dem Mikroskop 10% Kalilauge einwirken läßt, so löst es sich mit prachtvoll kirschroter Farbe auf[1], unter gleichzeitiger Bildung eines flockigen kristalli-

[1]) Wie schon früher erwähnt wurde, besitzt von den gelb gefärbten Produkten der Flechten mit gelbem Kolorit das Physcion allein die Eigenschaft, sich mit *KOH* oder *NaOH* rot zu färben. Zopf (Zur Kenntnis der Stoffwechselprodukte der Flechten, S. 14) hat gezeigt, daß dem Calycin eine besonders charakteristische Reaktion zukommt. Löst man nämlich das Calycin in Chloroform und schüttelt diese gelbe Lösung mit Kali- oder Natronlauge, so entsteht aus dem Calycin ein rot gefärbter Körper, der von den emulsionsartig verteilten Tropfen der Alkalilösung sofort aufgenommen wird, während sich das

nischen Niederschlages. Bei starker Vergrößerung, etwa $^{400}/_{1}$, sieht man, daß sich das Physcion durch die Einwirkung der Lauge in sehr schöne, überaus dünne rotviolette, dicht aneinandergruppierte und zu Büscheln angeordnete Schüppchen umgebildet hat (Abb. 2). Diese sind meist breit spindelförmig oder elliptisch und dann an einem oder an beiden Enden zugespitzt oder auch an den Enden rechtwinklig oder schief abgestutzt.

b) Diese Verbindung ist nicht beständig. Etwa in einer halben Stunde oder auch später verschwinden diese Blättchen und an ihrer Stelle entstehen sehr schöne, fast gleich große zarte, etwa 1 μ dicke und 7—30 μ lange, zu beiden Enden scharf zugespitzte Nadeln, welche die Farbe des Kaliumpermanganats besitzen (Abb. 3). Diese Verbindung ist nun beständig.

2. In konzentrierter Schwefelsäure löst sich das Physcion mit schön purpurroter Farbe auf. Allmählich verblaßt die Färbung und nach ungefähr einer halben Stunde bilden sich im Präparat kurze, gelbe, dünne, stark gebogene oder spiralig gedrehte, ungemein dünne Kristallfäden (Abb. 6*a*), welche sich später mehr oder weniger aufrichten und sich zu Büscheln gruppieren (Abb. 6*b*).

Die Form der Kriställchen ist überaus charakteristisch.

3. In rauchender Salpetersäure löst sich das Physcion in der Siedehitze mit gelber Farbe auf und kristallisiert daraus beim Abkühlen in Form von dünnen und sehr langen, geraden oder etwas gebogenen, gelben Nadeln einer Nitroverbindung aus (Abb. 5).

4. Der Sublimation unterworfen, bildet das Physcion auf dem Gläschen einen dichten gelben Anflug. Dieser ist zuerst pulverig, amorph, später wird er in derbe gelbe Nadeln umgewandelt, welche entweder vereinzelt vorkommen oder meist zu Rosetten gruppiert sind (Abb. 7).

Es ist wünschenswert, das Präparat bei der Sublimation nicht längere Zeit über die nötige Temperatur zu erhitzen, da sich sonst das Physcion zum größten Teil zersetzt. Mit dem Sublimat

---

Chloroform entfärbt. Diese schöne Reaktion wird von Zopf auch für den mikrochemischen Nachweis des Calycins gebraucht.

Nur sei hier aufmerksam gemacht, daß man bei solchen Untersuchungen zuerst die Einwirkung von Kali- oder Natronlange allein beobachten muß und erst dann, wenn sich der Körper oder die fragliche Flechte mit Laugen nicht färbt, zu der Chloroformreaktion schreiten darf, da Physcion in Chloroform gelöst mit Laugen eine ganz ähnliche Reaktion liefert und damit das Calycin vortäuschen könnte.

können die sub 1, 2, 3 angegebenen Reaktionen ausgeführt werden. [1])

5. Aus heißem Öl kristallisiert das Physcion beim Auskühlen des Präparats und längerem Stehen in gelben Nadeln und dünnen Blättchen (Abb. 8). Die ersteren gruppieren sich häufig zu Garben und Büscheln, welche denjenigen des Phenylglykosazons nicht unähnlich sind. [2])

[1]) Von den gelb gefärbten Substanzen, welche in den Flechten mit gelbem Kolorit vorkommen, liefern bloß Calycin und Pinastrinsäure kristalline Beschläge, welche denjenigen des Physcions einigermaßen ähnlich sind, insofern sie beide ebenfalls nadelförmige Kriställchen liefern.

Bei genauerer Besichtigung kann man aber beide von dem Physcionbeschlage leicht unterscheiden.

Die Pinastrinsäure (Abb. 10) liefert einen intensiv gelben Anflug, der an der Peripherie rasch kristallisiert. Es sind dünne, selten über 1 μ breite und 20—100 μ und darüber lange, an beiden Enden abgestutzte oder auch zu beiden Enden verjüngte, meist vollkommen gerade (seltener gebogene), zitronengelbe Nadeln.

Außer diesen kommen auch kleine vier- oder mehreckige Täfelchen vor.

Das Calycin liefert rasch einen dichten gelben Anflug (Abb. 9). Dieser ist zuerst pulverig, amorph, später wird er in derbe orangegelbe Nadeln umgewandelt, welche entweder vereinzelt oder zu Rosetten und Büscheln geordnet vorkommen.

Manche Kriställchen stellen sich mehr oder weniger senkrecht auf das Gläschen auf und erscheinen dann nur als Punkte.

In Laugen löst sich das Physcionsublimat mit kirschroter Farbe auf die Pinastrinsäure und Calycin färben sich mit Laugen nicht.

Das Calycin ist durch die Zopfsche Reaktion — Färbung der Chloroformlösung, Lauge rot — der Pinastrinsäure gegenüber charakterisiert.

Die Sublimate der Callopisminsäure, Vulpinsäure und Rhizocarpsäure sind von denjenigen des Physcions derart verschieden, daß sie hier gar nicht in Betracht kommen.

Die ersten zwei liefern Anflüge, welche aus gelben Tröpfchen bestehen, die sehr schwer erstarren, Rhizocarpsäure liefert dagegen Anflüge von sehr schönen, unregelmäßig sechsseitigen Täfelchen.

[2]) Von den gelb gefärbten Substanzen, welche in den Flechten mit gelbem Kolorit vorkommen, kristallisiert aus heißem Öl in Nadeln die Pinastrinsäure und Calycin. Sie sind jedoch beide von Physcionkristallen leicht auseinanderzuhalten.

Das Calycin kristallisiert aus heißem Öl in gleichmäßigen, dünnen, beiderseits zugespitzten, vollkommen geraden oder schwach gebogenen, orangegelb gefärbten Nadeln aus, welche meist nur einzeln vorkommen (selten zu lockeren Rosetten gruppiert sind). Häufig kommen auch Verwachsungen von zwei nebeneinanderliegenden Nadeln nach der Längsachse vor.

Die Pinastrinsäure kristallisiert in zarten, gleichmäßigen, meist

6. Mit alkalischen Erden (Kalk, Baryt, Strontium) färben sich die Physcionkristalle nach längerer Einwirkung (etwa einigen Stunden) prachtvoll purpurrot. Diese Verbindung ist in Wasser unlöslich und die Kristalle des Physcions verlieren dabei weder ihre Form noch die Doppelbrechung. Aus diesem Grunde wurde schon von Schwarz[1]) das Kalk- und Barytwasser zum mikrochemischen Nachweis von Physcion empfohlen.

Da man bei mikrochemischen Untersuchungen der Flechten meist mit unreinen Körpern arbeitet, so ist es notwendig, sich davon zu überzeugen, wie weit sich die für den chemisch reinen Körper angewendeten Reaktionen auch bei Gemischen (Rohprodukten) verwerten lassen.

Zu diesem Zwecke bereitete ich mir rohes Physcion durch Extrahieren der gelben Wandflechte mittelst Äther, welcher dann am Wasserbade zur Verdunstung gebracht wurde.

Dabei resultierte eine orangerote pulverige Masse, welche unter dem Mikroskop dünne gelbe Blättchen in schmieriger, wachsartiger Masse zeigt.

Diese Masse wurde nun zur Durchführung der mikrochemischen Reaktionen verwendet

II. Versuche mit rohem Physcion.

Diese ergaben, daß sich alle die oben für das reine Physcion angeführten Reaktionen mit wenigen Ausnahmen auch zum Nachweis desselben in rohem Zustande verwenden lassen.

1. Bei Zusatz von 10% Kalilauge zu dem Abdampfrückstand tritt eine prachtvoll kirschrote Farbe auf unter gleichzeitiger Bildung eines amorphen Niederschlages. Die sub I, 1 *a* angeführte, vorübergehende Bildung von rotvioletten Schüppchen unterbleibt und es kommt bald zur Bildung des sub I, 1 *b* angeführten Körpers, welcher aber nun nicht in Nadeln, sondern in kleinen Prismen oder rechteckigen kleinen, häufig an den schmalen Seiten mit einem mehr oder weniger tiefen Einschnitt versehene Täfelchen kristallisiert (Abb. 4).

---

an beiden Enden scharf zugespitzten, intensiv zitronen- oder goldgelb gefärbten Nadeln, die zumeist zu dichten Büscheln oder Rosetten gruppiert vorkommen.

[1]) Schwarz, Chemisch-botanische Studien über die in den Flechten vorkommenden Flechtensäuren. — Cohns Beiträge zur Biologie der Pflanzen, III. Bd., S. 250.

2. Die Schwefelsäurereaktion verläuft, wie bei I, 2 angegeben.

3. Auch die Salpetersäurereaktion ist derjenigen sub I, 3 angeführten gleich.

4. Das Sublimat ist nicht so schön wie bei reinem Physcion, kann aber vorteilhaft zur Durchführung der unter I, 1 *a* und *b* angegebenen Kalilaugereaktion verwendet werden, welche genau unter Bildung von Blättchen und schließlich Umbildung dieser zu Nadeln verläuft.

5. Aus heißem Öl kristallisiert es, wie bei II, 5 angegeben.

6. Die Reaktion mit Kalk- oder Barytwasser, siehe I, 6, kann auch bei rohem Physcion vorteilhaft verwendet werden.

III. Nachweis von Physcion in den Flechten selbst.

Der Nachweis von Physcion unmittelbar in den Flechten selbst kann in der gepulverten Flechte oder in den Schnitten nur dann mit Erfolg durchgeführt werden, wenn die Menge des Physcion eine recht bedeutende ist.

Bei geringerem Gehalte müssen eben, wie unter II angegeben wurde, die Abdampfrückstände eines Chloroformauszuges der betreffenden Flechte verwendet werden.

Bei unmittelbarem Nachweis (in der gepulverten Flechte oder in Schnitten) verläuft bei genügendem Gehalte an Physcion die Reaktion folgendermaßen:

1. Durch Zusatz von *KOH* erfolgt die Reaktion, wie unter I, 1 angegeben, nur mit dem Unterschiede, daß der Niederschlag meist amorph bleibt.

2. Durch Zusatz von konzentrierter H_2SO_4 erfolgt die Reaktion, wie unter I, 2 angegeben. Bei reichlichem Gehalte an Physcion bilden sich insbesondere am Rande des Gläschens gerade, etwa 4—14 μ lange und kaum 0·5 μ breite, an beiden Enden zugespitzte, farblose Nadeln, welche zu Rosetten gruppiert sind.

3. Aus heißer Salpetersäure kristallisiert Physcion ebenfalls in geraden, gelben, gleichfalls zu Rosetten vereinigten Nadeln.

4. Die Sublimate (siehe I) kann man vorteilhaft zur Ausführung der unter I, 1 angegebenen Reaktion gebrauchen, welche prachtvoll gelingt.

5. Aus heißem Öl kann aus der gepulverten Flechte oder selbst aus den Schnitten (vorausgesetzt, daß der Gehalt an Physcion recht groß ist und die verwendete Menge des Materials

im Vergleich zu der benutzten Menge Öles nicht zu gering) das Physcion, wie unter I, 5 angegeben, gewonnen werden.

6. Die von Schwarz l. c. angegebene Reaktion mittelst Kalk- oder Barytwasser kann zum mikrochemischen Nachweis des Physcion in Schnitten mit Vorzug verwendet werden. Da es notwendig ist, die Reagentien längere Zeit (wenigstens einige Stunden) einwirken zu lassen, wobei durch Einwirkung der Kohlensäure der Luft alsbald ein reichlicher Niederschlag von kohlensaurem Kalk, beziehungsweise kohlensaurem Baryt abgeschieden wird, wodurch das Präparat vollkommen getrübt wird, so empfehle ich, dasselbe vorher mit einem Vaselinring zu umgeben.

Sollte trotzdem die Ausscheidung von kohlensauren Salzen stattfinden, so ist es ratsam, bei vollkommen offener Blende das Präparat zu besichtigen, wobei die rot gefärbten Physcionkörnchen außerordentlich scharf hervortreten.

Bisher wurde das Vorkommen von Physcion in folgenden Flechten mikrochemisch nachgewiesen:

Theloschistes parietinus = *Xanthoria parietina Th. Fr.* (Hesse, Journ. für prakt. Chemie, Bd. 57, 1898, S. 436).

Th. lychneus = *Xanthoria lychnea* (*Ach.*) *Th. Fr.* (Hesse, dortselbst, S. 439).

Th. lychneus var. pygmaeus (Hesse, dortselbst, S. 439; Zopf, Annalen der Chemie, Bd. 336, S. 67).

Th. lychneus var. fallax Hepp. und *Th. lychneus var. polycarpus Th. Fr.* (Hesse, l. c., S. 439).

Th. chrysophtalmus (*Tornabenia chrysophtalma*) (Hesse, Journ. für prakt. Chemie, Bd. 76, S. 38).

Th. flavicans (*Sw.*) *Müll. Arg.* (Hesse, l. c., S. 44; Zopf, Ann. d. Chemie, Bd. 340, S. 300).

Th. flavicans var. acromelus (*Pers.*) (Hesse, l. c., S. 39).

Th. flavicans var. croceus Ach. (Hesse, l. c., S. 39).

Calloplaca (*S. Amphiloma*) *elegans* (Zopf, Ann. d. Chemie, Bd. 336, S. 69).

Calloplaca (*S. Amphiloma*) *sympagaea* (Zopf, l. c., Bd. 340, S. 299).

Sämtliche hier genannten Flechten habe ich bei meiner Arbeit als Versuchsobjekte für die Brauchbarkeit der hier angegebenen mikrochemischen Reaktionen auf Physcion verwendet und es gelang mir, in allen mit dieser Reaktion das Vorhandensein von Physcion nachzuweisen.

Zum Schlusse erfülle ich eine angenehme Pflicht, indem ich den Herren Hofrat Dr. Hesse und Professor Dr. Zopf für die gütige Überlassung der Physcionproben und für die brieflichen Mitteilungen und Herrn Kustos der botanischen Abteilung des Wiener Hofmuseums Doktor Alexander Zahlbruckner für die Erlaubnis, das Herbarmaterial studieren zu dürfen, meinen ergebensten Dank ausspreche.

Erklärung der Tafel V.

Fig. 1. Kristalle von reinem Physcion 100/1
Fig. 2. Kristalle einer unbeständigen Kalium-Physcionverbindung . . 1000/1
Fig. 3. Kristalle einer beständigen Kalium-Physcionverbindung . . . 1000/1
Fig. 4. Kristalle einer beständigen Kalium-Physcionverbindung . . . 1000/1
Fig. 5. Kristalle einer Nitroverbindung von Physcion 100/1
Fig. 6. Kristalle, gewonnen durch Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure auf Physcion 400/1
Fig. 7. Physcion aus heißem Öl umkristallisiert 400/1
Fig. 8. Physcionsublimat 400/1
Fig. 9. Calycinsublimat 400/1
Fig. 10. Pinastrinsäuresublimat 400/1

Über die Veränderungen des chemischen und physikalischen Verhaltens der Zellulose durch die Einlagerung von Schwefelzink

von

H. Ambronn (Jena).

(Mitteilung aus dem Institut für Mikroskopie an der Universität Jena.)

Eingelangt am 9. September 1907.

Die Verschiedenheiten im chemischen und physikalischen Verhalten der pflanzlichen Zellmembranen festzustellen und ihre Ursachen genauer zu erforschen, ist eine Aufgabe, deren Lösung nicht nur für die Physiologie und Anatomie der Zelle, sondern auch für viele Fragen der Technik große Bedeutung hat. Es war dabei vor allem nötig, sicher wirkende Reagentien aufzufinden, die eine möglichst scharfe Unterscheidung der verschiedenen Arten von Membranen gestatteten. Die großen Verdienste Julius Wiesners um die Ausarbeitung solcher Reaktionen sind so allgemein anerkannt, daß ein besonderer Hinweis auf die einzelnen Veröffentlichungen an dieser Stelle wohl unterbleiben kann. Auch viele Schüler Wiesners haben auf diesem Gebiete bekanntlich mit guten Erfolgen weitergearbeitet. Aber nicht bloß das Aufsuchen und Ausarbeiten solcher Reaktionen war das Ziel dieser Untersuchungen, sondern auch vor allem die Erörterung der Fragen über die Ursachen des Eintretens oder Ausbleibens der charakteristischen Färbungen. Wiesner war einer der ersten, der mit Entschiedenheit darauf hinwies, daß sich das verschiedene Verhalten gegen Reagentien keineswegs immer auf Umwandlungen der Zellulose in andere Körper zurückführen lasse, daß es sich vielmehr in zahlreichen Fällen um Einlagerungen handle, die nicht als Umwandlungs-

produkte der Zellulose, sondern als nachträglich in das Zellulosegerüst der Membranen eingeführte Körper anzusehen seien. Es war eine naheliegende Annahme, daß solche Infiltrationen oder Inkrustationen die charakteristischen Zellulosereaktionen erschweren oder ganz verhindern und daß sie ferner auch das physikalische Verhalten der Fasern wesentlich beeinflussen.

Von den merkwürdigen Eigenschaften der mit Kalk- oder Kieselverbindungen inkrustierten Membranen soll hier ganz abgesehen und nur auf das Verhalten der verholzten und verkorkten oder kutikularisierten hingewiesen werden. In beiden Fällen bleibt die Violettfärbung mit Chlorzinkjodlösung aus und auch das Brechungsvermögen und die Doppelbrechung zeigen gegenüber dem Verhalten der reinen Zellulosemembranen charakteristische Verschiedenheiten. Wenn auch über die chemische und physikalische Natur der hierbei in Betracht kommenden Einlagerungen keineswegs volle Klarheit herrscht, so ist es doch kaum zweifelhaft, daß in der Tat solche Einlagerungen vorhanden sind. Wenn es nun gelingt, chemisch und physikalisch gut bekannte Körper in die Fasern hineinzubringen, so können die Veränderungen, die infolge der Einlagerung sowohl gegenüber chemischen Reagentien wie auch im optischen Verhalten eintreten, auf besserer Grundlage untersucht werden. Im Anschluß an meine früheren Untersuchungen[1]) über das optische Verhalten der Kutikula und der verkorkten Membranen hatte ich schon vor langer Zeit versucht, wachs- oder fettartige Körper in Zellulosemembranen einzulagern oder darin zu erzeugen. Leider waren aber diese Versuche durchweg erfolglos; es gelang in keinem Falle, ähnliche Verhältnisse herzustellen, wie sie in den kutikularisierten und verkorkten Membranen vorliegen. Immerhin scheint es mir keineswegs ausgeschlossen, daß ähnliche Versuche doch noch gelingen, wenn nur eine geeignete Methode zur Erzeugung solcher Körper innerhalb der Membran gefunden wird. Dagegen gelang es R. Hegler[2]), Baumwollfasern mit verschiedenen Körpern zu infiltrieren und an den so veränderten Membranen sowohl das Ausbleiben der Zellulosereaktionen wie auch das Auftreten anderer für die eingelagerten Stoffe charakteristischen Färbungen nachzuweisen. Die von Hegler benutzten Stoffe waren hochzusammengesetzte organische Verbindungen. Es würde ohne Zweifel die Deutung solcher Versuche noch beträchtlich erleichtern, wenn

[1]) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. VI, 226—230, 1888; VII, 103—114, 1889.
[2]) Flora. N. R. XLVIII, 47 u. 48, 1890.

es gelänge, anorganische Körper einfachster Zusammensetzung oder auch Elemente selbst in die Fasern einzulagern und nunmehr an den so veränderten Membranen wohlbekannte Reaktionen der anorganischen Chemie auszuführen. Nach dieser Richtung sind neuerdings sehr beachtenswerte Versuche von Emich und Donau angestellt worden, über deren Resultate in einer kleinen Mitteilung: »Über die Anwendung von Gespinstfasern in der mikrochemischen Analyse anorganischer Stoffe« [1]) berichtet wird. Es wurde, um die große Empfindlichkeit solcher Reaktionen nachzuweisen, in Fasern von Schießwolle oder Baumwolle Schwefelzink eingelagert, indem die Fasern abwechselnd in etwa 15prozentige Lösungen von Schwefelnatrium und Zinksulfat eingetaucht, danach immer gut abgepreßt, zuletzt abgespült und getrocknet wurden. Der Hauptzweck der Untersuchungen war, das eingelagerte Schwefelzink als Reagens auf andere Metalle zu benutzen und dabei die Empfindlichkeit dieser Reaktionen zu prüfen. Es ergab sich dabei, daß die bekannten Reaktionen, die auf der Entstehung von Metallsulfiden beruhen, durch die Anwendung dieser Schwefelzinkfasern oder »Sulfidfaden« zu einer überraschenden Empfindlichkeit gesteigert werden können. Die genaue Prüfung des Eintrittes der Reaktion hat unter diesen Umständen natürlich mittels des Mikroskops zu geschehen. Da die Reaktionen fast durchgängig mit sehr intensiven Färbungen verbunden sind, so war es leicht, die für die einzelnen Metalle charakteristischen Farben nachzuweisen. Außerdem wurden auch noch Versuche angestellt, um die Sulfide nach ihrer Fällung in den Fasern in andere charakteristische Verbindungen überzuführen.

Es lag nun nicht in meiner Absicht, diese interessanten Versuche von Emich und Donau nach der rein chemischen Seite hin fortzusetzen, es war aber für mich von besonderem Interesse das optische Verhalten der mit Schwefelzink infiltrierten Fasern etwas genauer zu prüfen. Ich habe bei meinen Versuchen fast ausschließlich Nesselfasern benutzt, und zwar von *Boehmeria tenacissima*, die sich durch sehr gleichmäßigen Aufbau und durch eine außergewöhnliche Länge auszeichnen. Die Erzeugung von Schwefelzink innerhalb der Membranen erfordert allerdings eine gewisse Vorsicht, wenn man die Sicherheit haben will, daß dieser Körper wirklich innerhalb des Zellulosegerüstes, und zwar in allen Teilen möglichst gleichmäßig eingelagert werden soll. Die ersten

[1]) Festschrift für Adolf Lieben, 651—663, 1906.

Versuche stellte ich in der Weise an, daß ich ganze Bündel von Fasern abwechselnd in die beiden Salzlösungen eintauchte; sie zeigten mir bald, daß unter diesen Umständen zwar auch eine Einlagerung innerhalb der Membran, aber nicht gleichmäßig, erfolgt, daß aber gleichzeitig eine starke Auflagerung von Schwefelzink auf der Oberfläche der Fasern eintritt. Bei der mikroskopischen Untersuchung ergab sich sofort, daß viele Fasern mit deutlichen Krusten überzogen waren. Auf diese Weise konnten natürlich Versuchsergebnisse über die Einwirkung der Einlagerung auf optisches Verhalten und chemische Reaktionen wesentlich gestört werden. Es blieb deshalb nichts anderes übrig, als mit einzelnen Fasern zu arbeiten, was gerade bei diesem Material gar keine Schwierigkeiten bietet. Um mit den einzelnen Fasern leichter operieren zu können, wurden sie an dem einen Ende in kleine Wachskügelchen gedrückt, die auf dem Rande der Schalen, in denen sich die Lösungen von Schwefelnatrium und Zinksulfat befanden, aufgelegt werden konnten. In jeder Lösung blieben die Fasern etwa 10—15 Minuten. Um die Bildung von oberflächlich aufliegenden Krusten zu vermeiden, wurde jede Faser sofort nach dem Herausnehmen aus der Lösung mit Fließpapier oder mit einem reinen Leinenlappen sorgfältig abgetrocknet. Das abwechselnde Eintauchen wurde in der Regel dreimal wiederholt, nachdem sich bei Vorversuchen gezeigt hatte, daß dies genügte, um eine starke und auch gleichmäßige Einlagerung von Schwefelzink in der Membran zu erhalten.

Es war zunächst von Interesse, ob die auf diese Weise hergestellten Sulfidfasern in ihrer Lichtdurchlässigkeit gegenüber den gewöhnlichen Fasern irgendeine Einbuße erlitten hätten. Im gewöhnlichen Tageslicht waren sie ebenso durchlässig wie die normalen Fasern. Da aber das Schwefelzink als undurchlässig für ultraviolettes Licht von kurzer Wellenlänge bekannt ist, so war zu erwarten, daß auch die damit infiltrierten Membranen dieselbe Eigenschaft zeigen würden. Während die normale Faser für ultraviolettes Licht von 280 $\mu\mu$ Wellenlänge keine merkbare Absorption zeigt, sind die Schwefelzinkfasern für diese Wellenlänge vollkommen undurchlässig, wie in dem von A. Köhler konstruierten Mikroskop für ultraviolettes Licht sofort festgestellt werden konnte. Man könnte also auch sagen, daß die Fasern durch Schwefelzink für ultraviolettes Licht intensiv dunkel gefärbt werden.

Da ferner das Schwefelzink einen sehr hohen Brechungsexponenten — fast 2·4 — besitzt, so war auch anzunehmen, daß

bei genügender Einlagerung eine beträchtliche Erhöhung des Brechungsvermögens der Membran eintreten werde. Es hat sich nun in der Tat ergeben, daß die Sulfidfasern einen wesentlich höheren Brechungsexponenten besitzen als die normalen Fasern Man kann dies, wenn auch nicht quantitativ, so doch qualitativ sehr leicht erkennen, wenn man die Fasern in Kanadabalsam einschließt. Stellt man die Präparate in der Weise her, daß man eine gewöhnliche Faser dicht neben eine Sulfidfaser legt, so sieht man unter dem Mikroskop ganz deutlich, daß die Sulfidfaser noch mit scharfen dunklen Konturen sichtbar bleibt, während die gewöhnliche Faser fast völlig verschwindet. Eine genauere quantitative Bestimmung der Erhöhung der Brechungsexponenten durch die Einlagerung von Schwefelzink muß weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben. Man kann aber schon jetzt mit ziemlicher Sicherheit sagen, daß der Brechungsexponent durch die Einlagerung jedenfalls um mehrere Einheiten in der zweiten Dezimale gesteigert wird.

Eine andere Frage von prinzipieller Bedeutung war, ob durch die Einlagerung die Stärke der Doppelbrechung erhöht würde. Schwefelzink kristallisiert allerdings im regulären System, aber es wäre trotzdem nicht ausgeschlossen, daß die in der Faser eingelagerte Substanz eine nicht reguläre Modifikation des Schwefelzinks darstelle. Bei den Untersuchungen, die auf die Feststellung der Stärke der Doppelbrechung hinausliefen, konnte allerdings keine merkbare Veränderung der Interferenzfarbe zwischen gekreuzten Nicols beobachtet werden. Allein dieses negative Resultat würde noch nicht viel beweisen, denn die Interferenzfarben der normalen Fasern liegen meist in der zweiten oder gar dritten Ordnung der Newtonschen Farbenskala. Wenn man bedenkt, daß diese Farben gegen kleine Änderungen wenig empfindlich sind und daß es sich doch jedenfalls nur um eine äußerst geringe Gesamtdicke der eingelagerten Substanz handeln kann, so wäre es sehr wohl möglich, daß eine geringe Änderung in der Doppelbrechung sich infolgedessen der Beobachtung entzöge. Es wird eine weitere Aufgabe sein, an wesentlich dünneren Fasern, bei denen Farben der ersten Ordnung auftreten, diese Frage noch genauer zu prüfen.

Von besonderem Interesse war nun noch, das Verhalten der mit Schwefelzink imprägnierten Fasern gegenüber der gebräuchlichen Zellulosereaktion mit Chlorzinkjodlösung zu untersuchen.

Während die normale Faser sofort nach der Einwirkung der Chlorzinkjodlösung eine tiefviolette Färbung mit den charakteristischen Eigenschaften des starken Pleochroismus annimmt, war die Sulfidfaser jedenfalls viel widerstandsfähiger. Es dauerte oft stunden- und tagelang, ehe sich die Faser überhaupt färbte und die schließlich eintretende Farbennuance wich von der an der normalen Faser zu beobachtenden stark ab, die Membran erhielt mehr einen braunvioletten Ton. Die Differenz in dem Verhalten der normalen und der Sulfidfaser zeigt sich am schönsten, wenn man beide Fasern in demselben Präparat mit Chlorzinkjodlösung behandelt. Es ist also durch die Einlagerung des Schwefelzinks in den Interstitien der Zellulosemembran eine bedeutende Erschwerung, wenn nicht gar eine Verhinderung für das Zustandekommen der normalen Zellulosereaktion eingetreten. Weitere Versuche über den Einfluß der Einlagerung des Schwefelzinks auf Reaktionen und Färbungen wurden bisher noch nicht ausgeführt, ich beabsichtige jedoch, die zahlreichen sich hieran anknüpfenden Fragen noch eingehender zu verfolgen.

Die Untersuchungen, die Emich und Donau mit den Sulfidfäden über die Reaktionsfähigkeit gegenüber anderen Metallen angestellt haben, legten es nahe, ähnliche Versuche, allerdings nur nach der qualitativen Seite hin, mit den Nesselfasern vorzunehmen. Im Anschluß an das Vorstehende will ich hierüber noch kurz berichten. Es genügen sehr geringe Mengen, um die charakteristischen Färbungen hervorzurufen. Bringt man zum Beispiel die Fasern in eine ganz schwache Lösung von Goldchlorid, so tritt in kurzer Zeit eine dunkelbraune Färbung ein, die von Schwefelgold herrührt. Diese Färbung zeigt einen starken Pleochroismus dunkelbraun-hellbraun. Es ist nun interessant, daß, wie auch schon Emich und Donau beobachtet haben, bei dieser Färbung das Schwefelgold leicht durch Erhitzung reduziert werden kann. Die Membran erscheint dann in der reinen Goldfarbe, die ich früher schon beschrieben habe, mit starkem Pleochroismus rot-grünblau.[1]) Benutzt man eine Lösung von Platinchlorid, so wird die Sulfidfaser ebenfalls bald dunkelschokoladebraun gefärbt und zeigt einen ähnlich starken Pleochroismus. Auch bei dieser Färbung ist eine Reduktion durch Erhitzen möglich und die Faser erhält dann dieselben Eigenschaften, als wenn sie direkt mit Platinchlorid be-

[1]) Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss., XLVIII, 612 - 628, 1896.

handelt worden wäre. Etwas anders verhalten sich nach dieser Richtung die Sulfidfasern bei Einwirkung von Silber- und Kupfersalzen. Zwar werden auch hierbei die Sulfide dieser Metalle sehr rasch in der Faser erzeugt und die Färbungen zeigen starken Pleochroismus, aber eine Reduktion durch Erhitzung läßt sich nicht erreichen.

Nimmt man an, daß die Färbungen mit den reinen Metallen dadurch entstehen, daß innerhalb der Membranen kolloidale Modifikationen dieser Metalle erzeugt werden und daß infolgedessen die durch den Pleochroismus angezeigte optische Anisotropie der eingelagerten Substanzen erklärt werden könne, so würde wohl auch noch die weitere Annahme gemacht werden dürfen, daß die in den Sulfidfasern entstehenden Schwefelmetalle ebenfalls kolloidale Modifikationen dieser Verbindungen seien. Daß viele Schwefelmetalle in kolloidalen Modifikationen auftreten können, ist ja auch schon mehrfach nachgewiesen worden. Auf diese und ähnliche Fragen soll jedoch hier nicht weiter eingegangen werden. Ohne Zweifel bietet aber die Einlagerung derartiger gut charakterisierter anorganischer Körper in die Membranen von Pflanzenfasern manche Aussicht, nicht bloß über die bei der Färberei in Betracht kommenden Verhältnisse, sondern auch über die molekulare Struktur der Fasern selbst wichtige Aufschlüsse zu erhalten.

Das Hautgift der Cypripedien

von

A. Nestler (Prag).

Eingelangt am 9. September 1907.

»In der Familie der Orchidaceen sind drei Arten von Frauenschuh, nämlich *Cypripedium spectabile Salisb.*, *C. pubescens R. Br.* und *C. parviflorum Salisb.*, mit Drüsenhaaren versehen und haben da, wo diese Pflanzen wild wachsen, wie namentlich in den Staaten der Union, schon zu vielen Erkrankungen geführt. Nach Mac Dougals Versuchen an neun Menschen kann es keinem Zweifel unterliegen, daß wir hier analoge Verhältnisse wie bei den Giftprimeln vor uns haben.«

Diese Bemerkung in Koberts Lehrbuch der Intoxikationen[1]) veranlaßte mich nach meinen Untersuchungen über das Primelhautgift[2]), nicht allein jene drei genannten Spezies, sondern auch andere Cypripedien, namentlich unser einheimisches *Cypripedium calceolus L.* in Beziehung auf eine eventuelle hautreizende Wirkung, den Sitz und die Eigenschaften des Giftes zu prüfen.

Als Mac Dougal[3]) seine Untersuchungen und Experimente mit den oben genannten Cypripedien ausführte, war von der hautreizenden Wirkung der *Primula obconica Hance* und *Pr. sinensis* fast nichts bekannt; daher erwähnt er diese Primeln auch nicht bei der Aufzählung jener in Minnesota wild wachsenden oder kultivierten Pflanzen, bei denen eine hautreizende Wirkung mehr oder weniger

[1]) R. Kobert, Lehrbuch der Intoxikationen, 2. Aufl., 1906, Bd. II, S. 523.

[2]) A. Nestler, Hautreizende Primeln. Berlin, Borntraeger, 1904.

[3]) D. T. Mac Dougal, I. On the poisonous influence of *Cypripedium spectabile* and *C. pubescens*. Minnesota Botanical Studies, 1894, Nr. 9.

II. Poisonous influence of various species of *Cypripedium*. Min. Bot. Stud., 1895, Nr. 9.

sicher erwiesen war und die er, um jedem Zweifel zu begegnen, bei seinen Experimenten vollständig fernhielt. Obwohl also doch die Möglichkeit besteht, daß während der Ausführung seiner Versuche hautreizende Primeln in der Nähe waren, zweifle ich nicht an der Richtigkeit seiner Resultate, zumal die Giftwirkung jener Cypripedien, namentlich des *Cypripedium spectabile* bereits durch andere Erfahrungen bekannt war.

Dagegen sind die Angaben Mac Dougals über dieses Hautgift selbst und die Art seiner Wirkung überaus gering. Nach Jesups[1]) Versuch scheint die Wirkung dieses hautreizenden Giftes mitunter eine sehr heftige zu sein: Ein kräftiges Exemplar — *C. spectabile* — wurde nahe der Basis des Stengels abgebrochen und mit den Blättern leicht über den linken Oberarm gestreift. Vierzig Stunden später war der Arm stark geschwollen von der Schulter bis zu den Fingerspitzen. Die Fläche des von der Pflanze berührten Hautteiles betrug ungefähr 50 cm^2. In zehn Tagen erhielt der Arm seine frühere Form wieder, aber die Wirkung war noch einen Monat bemerkbar. — Mac Dougal war anfangs über die eigentliche Ursache der hautreizenden Wirkung vollkommen im unklaren. Er bezeichnete zunächst einen fadenartigen Pilz, »scheinbar ein Dematium, das seine Fäden in alle Zellen sendet, namentlich im Köpfchen der Drüsenhaare sich verzweigt«, als die Ursache jener Giftwirkung. Dann spricht er auch die Möglichkeit aus, daß die neben den Drüsenhaaren vorkommenden konischen Haare in die Haut eindringen und durch ihren »sauren Inhalt« eine Dermatitis hervorrufen können. Später bezeichnet er »das Sekret der Drüsenhaare« als die eigentliche Ursache jener hautreizenden Wirkung, nachdem er folgende Versuche gemacht hatte: »Proben der spitzigen und der Drüsenhaare, die auf der ganzen Pflanze (*C. spectabile*) vorkommen, werden der Pflanze entnommen und damit die Haut berührt. Es zeigte sich, daß die reizende Wirkung der Sekretion der Drüsenhaare allein zuzuschreiben ist.«[2]) Von diesem Sekret gibt Mac Dougal nur an, daß es in »Alkohol löslich sei und wie eine ölige Substanz reagiere« (l. c., II., S. 451). Ich bemerke hierzu, daß eine mechanische Wirkung der konischen Trichome, die allen von mir untersuchten Cypripedien nebst den Drüsenhaaren zukommen, von vornherein vollkommen ausge-

[1]) Mac Dougal, l. c., I, S. 35.
[2]). Mac Dougal, II, S. 450 und 451.

schlossen ist, da sie sehr weich sind. Die Gegenwart eines Pilzes auf den oberirdischen Organen war gewiß eine nur zufällige Erscheinung, möglicherweise begünstigt durch einen sehr feuchten Raum, in dem die abgeschnittenen Exemplare gehalten wurden.

Es blieb daher für meine Untersuchungen, da es sich bei der Infektion um bloße Berührung der oberirdischen Organe handelt, nur das leicht übertragbare Sekret der Drüsenhaare übrig, mit welchem einwandfreie Experimente vorzunehmen waren.

Aus meinen Untersuchungen will ich an dieser Stelle nur jene über *Cypripedium spectabile* hervorheben, zumal sich nur diese Spezies bei mir als wirksam erwies, womit durchaus nicht gesagt sein soll, daß die beiden anderen Arten, *C. pubescens* und *C. parviflorum* nicht auch hautreizend sein können, da das Sekret ihrer Drüsenhaare mit dem bei *C. spectabile* übereinstimmt. Ich muß aber bemerken, daß auch das Sekret der gleichfalls von mir untersuchten *C. acaule*, *C. montanum* und *C. calceolus* in den wesentlichen Eigenschaften dem von *C. spectabile* gleich erscheint.

Cypripedium spectabile Salisb.

Sehr gut entwickelte Exemplare [1]), die aber leider nicht zur Blütenentwicklung kamen, so daß es mir versagt war, zu prüfen, ob, wie Mac Dougal angibt, das Sekret zur Zeit der Bildung der Samenkapseln das Maximum seiner Wirkung erreiche.

Stengel: sehr stark behaart, überwiegend Köpfchenhaare, 0·3 bis 1·5 *mm* lang, aus drei bis sieben Zellen bestehend; mitunter fast ausschließlich solche Drüsenhaare und nur in sehr geringer Menge konische, mehrzellige Trichome, letztere bis 2 *mm* und darüber lang. — Laubblätter: Oberseite: überwiegend Köpfchenhaare; Unterseite: überwiegend konische Haare, namentlich auf den Nervenbahnen; Blattrand: konische und Köpfchenhaare ungefähr in gleicher Menge, mitunter überwiegend konisch.

Der Zellkern der birnförmigen Köpfchenzelle zwei- bis viermal größer als der der Stielzellen, sonst kein auffallender Inhalt in derselben; sie erscheint, in Luft oder Wasser untersucht, niemals becherförmig eingestülpt. Eine solche Einstülpung erfolgt erst nach Zusatz gewisser Substanzen, zum Beispiel Chloralhydrat; nach ungefähr fünf Minuten stellt sich dann die ursprüngliche

[1]) Bezogen von Haage und Schmidt und kultiviert im Garten des pflanzenphysiologischen Instituts der deutschen Universität Prag.

Form wieder her. Das Sekret dieser Drüsenzelle, schon mit freiem Auge, besser mit einer Lupe sichtbar, ist entweder farblos oder hell- bis dunkelbraun; mitunter auch an den Stielzellen größere Sekretmassen; auch kommt es vor, daß das ganze Drüsenhaar von einer mächtigen Sekretmasse eingehüllt ist; also ganz analoge Erscheinungen wie bei *Primula obconica*.

Wenn man den Stengel oder die Oberseite eines Laubblattes mit einem reinen Objektträger sehr schwach berührt, um kein Trichom zu verletzen, so erhält man überaus zahlreiche, farblose, seltener schwach gelblich oder bräunlich gefärbte Sekretmassen, die sich für weitere Untersuchungen sehr gut eignen. Die Eigenschaften derselben sind ganz andere als die des Primelsekrets: sie sind fettartig, vollständig homogen; selbst nach vielen Tagen zeigen sich keine Veränderungen, keine Kristallbildungen.

Mikrochemische Eigenschaften des Sekrets.

In Wasser: unlöslich; die früher strukturlose Masse erscheint von zahlreichen winzig kleinen glänzenden Körnchen durchsetzt; sehr leicht löslich in: Alkohol, Äther, Petroläther, Benzol, Schwefelkohlenstoff; nach dem Verdunsten dieser Substanzen keine Kristallbildungen; Osmiumsäure (0·4 %ig): sofort bräunlich, später dunkelbraun bis schwärzlich; — Eisenchlorid in Wasser (1 : 10): zunächst keine Reaktion, später gelbbraun bis rotbraun; — Chlorzinkjod: zunächst gelb, später rotbraun; — Jodwasser: gelb bis gelbbraun; Jod-Jodkalium: schmutziggelbbraun; — Anilinblau, schwache, wässerige Lösung: das Sekret speichert sofort den Farbstoff, so daß jedes kleinste Teilchen desselben gefärbt erscheint; die Mitte der Sekretmasse stark blau und wie von zahlreichen kleinen Körnchen durchsetzt, der Rand dagegen schwach blau und strukturlos; — Safranin, schwache Lösung in Wasser: ebenfalls rasche Speicherung des Farbstoffes; — bei Zusatz von 0·4 % oder 0·2 % Kalilauge oder stark verdünntem Ammoniak Bildung schöner Myelinformen, welche bei gleichzeitiger Anwesenheit von Anilinblau oder Safranin schön gefärbt erscheinen. Aus diesen Eigenschaften des Sekrets der Drüsenhaare von *Cypripedium spectabile* geht hervor, daß es von anderer chemischer Beschaffenheit ist als das der Drüsenhaare von *Primula obconica*; es zeigen sich unter keinen Umständen Kristallbildungen; sehr charakteristisch ist seine Eignung zur Bildung von Myelinformen bei Anwesenheit

verdünnter Kalilauge oder verdünnten Ammoniaks, woraus geschlossen werden kann, daß hier (wenigstens teilweise) eine Fettsäure (Ölsäure?)[1]) vorhanden ist. Denn »ohne Fettsäuren keine Myelinformen«.[2])

Hautreizende Wirkung des Sekrets.

Da speziell von dieser Art durch Erfahrung und Experiment die hautreizende Wirkung bewiesen zu sein scheint, wurden die entsprechenden Versuche mit besonderer Sorgfalt durchgeführt und zwar zu verschiedenen Zeiten mit Pflanzen, die im Kalthaus und im freien Gartenbeet standen. Diese Orchidee entwickelt, wie man schon mit einer Lupe, noch besser durch an Blatt oder Stengel sanft angedrückten Objektträger erkennen kann, augenscheinlich die meisten Sekretmassen unter allen untersuchten Cypripedien.

Versuche im April 1907. Einreiben der Innenseite des linken Unterarmes mit der Oberseite eines gut behaarten Blattes (aus dem Kalthause); Einreiben der Haut an der Innenseite des Mittelfingers der linken Hand mit dem stark behaarten Stengel; Festhalten eines größeren Blattstückes auf der Innenseite des rechten Unterarmes durch fünf Stunden. — Alle diese Versuche hatten nicht den geringsten Erfolg.

Versuche im Mai 1907 mit Pflanzen aus dem freien Gartenbeet.

8. Mai, 8 Uhr 30 Minuten vormittags: Einreiben der Innenseite des Mittelfingers der linken Hand mit einem Blatte;

5 Uhr nachmittags: ein deutliches Jucken fühlbar, sonst nichts sichtbar.

9. Mai, vormittags: eine schwache Rötung an der infizierten Stelle, ab und zu deutliches Jucken. Dieser Zustand bleibt bis zum 12 Mai.

12 Mai: 16 kleine Bläschen von dem Aussehen der durch Primelgift verursachten Infektion: jedes Bläschen im Zentrum etwas dunkler, wässerig aussehend; kein weiteres Gefühl. Die Bläschen verschwinden in den folgenden Tagen allmählich.

20. Mai: der letzte Versuch an einem anderen Finger wiederholt, jedoch ohne jeden Erfolg.

30. Mai: Versuch mit einem sehr gut entwickelten Exemplar des Kalthauses.

---

[1]) A. Nestler, Myelin und Eiweißkristalle in der Frucht von *Capsicum annuum L.* Sitzungsb. d. k. Akad. 1906, S. 5.

[2]) Em. Senft, Über die Myelinformen bildende Substanz in Gingkosamen. Sonderabdruck aus der Pharm. Post 1907, Seite 20 (des Sonderabd.).

Sekretmassen der Blätter und des Stengels werden zuerst durch sanfte Berührung auf Objektträger übertragen, mikroskopisch untersucht und dann auf jene Innenseite des Mittelfingers der linken Hand gebracht, die bereits früher infiziert worden war. Es wurden auf diese Weise bestimmt große Sekretmassen auf eine verhältnismäßig kleine Hautstelle übertragen.

1. Juni, 8 Uhr vormittags: einige kleine Bläschen; die infizierte Stelle schwach gerötet; kein Jucken.

2 Uhr nachmittags: zwei größere und einige kleine Bläschen, deutliches Jucken.

2. Juni, 8 Uhr vormittags: in der verflossenen Nacht stärkeres Jucken an der infizierten Stelle; diese ist auf einer Fläche von ungefähr 1·5 cm^2 deutlich gerötet; außer den beiden größeren Bläschen noch viele kleine, alle von demselben Aussehen wie bei dem ersten erfolgreichen Versuch.

2 Uhr nachmittags: heftiges Jucken, die Bläschen treten durchweg deutlicher hervor.

3. Juni: dieselben Erscheinungen wie am vorhergehenden Tage; keine weitere Ausbreitung.

An den folgenden Tagen: Eintrocknen der Bläschen und leichtes Abschuppen der Haut.

Es sei noch erwähnt, daß durch tagelanges Arbeiten mit den oberirdischen Organen dieser Orchidee niemals die geringste Infektion bemerkt werden konnte; ferner daß, wie direkte Versuche mit aus Blättern und Stengel ausgepreßtem Zellsaft zeigten, eine mechanische Wirkung der Raphiden oder vielleicht ein Übertragen eines Giftstoffes durch diese Nadeln vollkommen ausgeschlossen erscheint.

Jene zwei erfolgreichen Versuche lassen jedoch meines Erachtens keinen Zweifel zu, daß das Sekret der Drüsenhaare von *Cypripedium spectabile* tatsächlich hautreizend wirkt. Wenn die Wirkung desselben bei mir im Vergleiche zu anderen Erfahrungen sehr gering war, so kann das verschiedene Ursachen haben.

Erstens ist der Umstand zu berücksichtigen, daß dieses Hautgift nach Mac Dougal erst während der Bildung der Samenkapseln das Maximum seiner Wirkung erreichen soll. Da meine Pflanzen, wie gesagt, überhaupt nicht zur Blüte gelangten, konnte ich jene Behauptung auch nicht überprüfen. Dann ist es möglich, daß ich für dieses Hautgift überhaupt wenig empfänglich bin oder zur Zeit meiner Versuche sehr wenig empfänglich war. — Daß

manche Personen gegenüber diesem Hautgift überhaupt immun sind, geht aus den Bemerkungen von Kunze und J. Nervins Hyde[1]) hervor, welche die giftige Wirkung der Cypripedien überhaupt bezweifeln. Mac Dougal selbst vermutet, daß diese Orchideen von der Mehrzahl der Menschen ohne Schaden berührt werden können. So viel steht fest, daß dieses Hautgift wie bei den hautreizenden Primeln von Drüsenhaaren produziert wird, aber von ganz anderer chemischer Beschaffenheit ist wie das Primelhautgift.

Mac Dougal erwähnt schließlich, daß speziell *Cypripedium spectabile* (und *C. pubescens*) durch das giftige Sekret der Drüsenhaare, ferner durch die Raphiden in den oberirdischen Organen unangenehm für das weidende Vieh sei. Es sei wiederholt bemerkt worden, daß eine große Anzahl dieser Pflanzen auf Weideplätzen im Walde unberührt gefunden wurde, während das umgebende Gras kurz abgefressen war.

Dieser Behauptung kann ich, was zunächst das Sekret der Haare anbelangt, nicht beistimmen, da dieses Gift, auf die Haut des Menschen übertragen, nicht sofort in bemerkenswerter Weise wirkt, sondern erst nach einiger Zeit. Wenn dieses Sekret den weidenden Tieren augenblicklich beim Fressen der Pflanzen sehr unangenehm werden würde, dann wäre wohl diese Ursache ihrer Abneigung verständlich. Das ist aber durch nichts erwiesen.

Wir wissen auch nicht, wie dieses Hautgift auf dem Gaumen des Menschen wirkt. Und was die Raphiden anbelangt, so ist ihre Menge doch zu gering, um als Schutzmittel gegenüber größeren Tieren angesehen werden zu können. Ich erinnere daran, daß wir beim Genusse von Ananas, Spargel, Weintrauben u. a. nichts von der Anwesenheit der Raphiden merken.[2])

Wenn jene Orchideen tatsächlich von den weidenden Tieren unberührt gelassen werden, so wird wohl die Annahme näher liegen, daß ihnen diese Pflanzen einfach nicht schmecken, ohne daß für diese Abneigung Sekret und Raphiden maßgebend sind.

[1]) Mac Dougal, l. c., I, Seite 34.

[2]) L. Lewin, Über die toxikologische Stellung der Raphiden. Berichte der deutsch. bot. Ges. 1900, S. 55.

Einige Regenerationsversuche an Taraxacum-Wurzeln

von

B. Němec (Prag).

Eingelangt am 15. September 1907.

Mit *Taraxacum*-Wurzeln wurden schon zahlreiche Regenerationsversuche angestellt. Diese Wurzeln stellen nämlich ein sehr geeignetes Material vor, wenn es sich darum handelt, den Einfluß von äußeren Faktoren auf die Polarität bei der Kallusbildung sowie bei der Anlage von Adventivsprossen zu demonstrieren. Für gewöhnlich bilden sich nämlich an Wurzelstücken von *Taraxacum officinale* Adventivsprosse nur am basalen Pole, am apikalen entsteht bloß ein unbedeutender Kallus, der spärliche Wurzeln entwickeln kann. Doch bilden sich Adventivwurzeln auch am apikalen Pole sowie neue normale Seitenwurzeln an der Hauptwurzel, ohne daß man in ihrer Verteilung eine Polarität feststellen könnte.

Die regenerative Sproßbildung an Wurzelstücken von *Taraxacum* gewann ein erhöhtes Interesse, als Wiesner (1892, S. 112) seine Beobachtungen über den Einfluß des Lichtes auf die Polarität veröffentlichte. Er sah nämlich an Wurzelstücken, die am Licht kultiviert wurden, manchmal an beiden Polen Adventivsprosse entstehen. Diese Erscheinung, die sich leicht und häufig auch in meinen Versuchen feststellen ließ, wird von Goebel (1906, S. 234) so erklärt, daß hier die Polarität nicht umgekehrt wurde, sondern daß da bloß eine Lichtwirkung vorliegt. Das Licht begünstigt nämlich die Sproßbildung, es begünstigt dieselbe also auch am apikalen Ende, so daß trotz der vertizibasalen Polarität auch an diesem Pol zuweilen Adventivsprosse entstehen können. Die Polarität wird also bloß verdeckt.

Wurzelstücke von *Taraxacum* weisen auch eine Polarität in bezug auf die Kallusbildung auf. Wenn die beiden Enden (Küster, 1903, S. 170 ff.) in feuchter Luft gleichen Bedingungen ausgesetzt werden, so erscheint der Kallus am basalen Pole viel früher als am apikalen Ende. Setzt man jedoch die Wurzel immer mit dem basalen Pole ins Wasser oder in den Sand, so daß sich der apikale Pol in feuchter Luft befindet, so bildet sich der Kallus am apikalen Pole, der basale Pol kann ganz kallusfrei bleiben. Ähnlich gelingt es auch, die Polarität in bezug auf die Sproßbildung zu verdecken. »Bei inverser Einstellung in Wasser, Sand oder Gips bildet auch der apikale Pol Kallus und Adventivsprosse von gleicher Üppigkeit. Ja es gelingt auch ohne weiteres, diejenigen Wurzelstücke, die bereits am Sproßpol Kallus und Adventivtriebe gebildet haben, durch umgekehrte Einstellung in Wasser, Sand oder Gips nachträglich noch zur Bildung eines zweiten Kallus und einer zweiten Serie von Vegetationspunkten zu bringen, so daß man auf diese Weise Wurzelstecklinge erzielen kann, die auf beiden Schnittflächen Adventivtriebe entwickeln.« Daß man durch mechanische Hemmung (Gips, Siegellack) die Bildung von Adventivsprossen am apikalen Pole erzielen kann, fand auch Goebel (1902, S. 385; 1906, S. 234).

Die Versuche mit *Taraxacum*-Wurzeln lassen sich am besten im Frühjahr, vor ihrem Treiben ausführen. Ich lasse die Wurzeln im Spätherbst aus dem Boden ausheben und im feuchten Sand über den Winter aufbewahren. Man hat zu jeder Zeit im Winter Material. Die Wurzeln sind stark turgeszent, reich an Reservesubstanzen und lassen sich sehr gut schneiden. Adventivsprosse werden schon in einigen Tagen gebildet. Nach dem Treiben schrumpfen die Wurzeln stark zusammen, werden weich und faulen leicht.

Die von Wiesner festgestellte Tatsache, daß einige Zentimeter lange Wurzelstücke am Licht auch am apikalen Pole Adventivsprosse bilden, konnte ich mehrfach bestätigen. Zunächst erschien immer der Kallus an dem Basalpol, hier werden auch die ersten Adventivsprosse angelegt. Auch traten dieselben am basalen Ende in größerer Zahl auf und wuchsen üppiger. Wurden die Wurzeln durch parallele Längsschnitte in 2—3 *cm* lange Lamellen zerlegt, die 1—2 *mm* dick waren, und auf feuchten Sand gelegt, so traten häufig Adventivsprosse in der ganzen Länge der Lamellen auf, immer war, was die Zahl und Üppigkeit der Adventivsprosse betrifft, die beleuchtete Fläche bevorzugt. An manchen Lamellen äußerte

sich jedoch die vertizibasale Polarität darin, daß die Adventivsprosse an der basalen Hälfte der Lamellen in größerer Zahl auftraten.

Wir sehen also, daß schon an Längslamellen die Polarität teilweise verwischt werden kann, und zwar ohne daß man äußere Faktoren, z. B. das Licht als die entscheidende Ursache annehmen könnte. Denn auch an Lamellen, die im Dunkeln regenerieren, trifft man häufig Stücke, welche in ihrer ganzen Länge am entblößten Kambium einen Kallus und Adventivsprosse bilden.

Als ich über die Ursachen dieser Erscheinung nachgedacht habe, glaubte ich annehmen zu können, daß hier Störungen von Korrelationen zwischen Zellverbänden, welche radiär in der Wurzel angeordnet sind, mitwirken. Diese Korrelationen werden durch jeden Längsschnitt aufgehoben oder verändert. Tatsächlich genügt schon eine einfache mediane Längsspaltung eines einige Zentimeter langen Wurzelstückes, um zu erreichen, daß Adventivsprosse auch unter dem basalen Ende, bis zu einer gewissen Entfernung von demselben an der durch den Längsschnitt gebildeten Fläche erscheinen. Doch tritt im ganzen die vertizibasale Polarität auch hier ganz deutlich auf, da für gewöhnlich an den dem apikalen Pole genäherten Teilen der Wundfläche keine Adventivsprosse erscheinen. Seltener trifft man Wurzelhälften, an deren Wundflächen die Adventivsprosse ganz unregelmäßig verteilt sind, ebenso wie an dünnen, durch zwei parallele Längsschnitte gewonnenen Lamellen. Da sich nun gezeigt hat, daß die Polarität desto weniger zum Vorschein kommt, je dünner und kürzer die Lamellen waren, stellte ich Versuche an, die mir zeigen sollten, welchen Einfluß die Länge, respektive Dicke der Wurzelstücke auf die Polarität ausübt. Es wurden Ende Februar, im März und anfangs April gesunde Wurzeln von *Taraxacum* in verschieden dicke Querscheiben zerschnitten und weiter kultiviert. Sie wurden auf mäßig feuchten Sand gelegt und die Kulturen unter große viereckige Glasstürze gebracht und am Fenster mäßiger Beleuchtung ausgesetzt.

Ähnliche Versuche hat schon Rechinger (1894) ausgeführt, um die Grenzen der Teilbarkeit ohne Verlust der Regenerationsfähigkeit zu erkennen. In meinen Versuchen befanden sich die Wurzelstücke in einem ungeheizten Zimmer, wo die Temperatur zwischen 11° und 16° C. schwankte. Der relativ niedrigen Temperatur sowie dem Umstande, daß sich die Wurzelstücke nicht in ganz dampfgesättigter Atmosphäre befanden, schreibe ich es zu, daß dieselben gesund blieben und ziemlich selten faulten. Sobald irgendwelche

Wurzelscheibe abzusterben begann, wurde sie entfernt und eventuell konserviert.

Was die Polarität betrifft, so lassen sich die Hauptresultate folgendermaßen zusammenfassen. Auch Wurzelscheiben, die 0·5 *mm* dick waren, bildeten Adventivsprosse, je dünner jedoch die Scheiben waren, desto geringer war ihre Anzahl, desto schwächlicher wuchsen sie. An Wurzelscheiben, die 0·5—0·75 *mm* dick sind, erscheinen Adventivsprosse nur an der beleuchteten Fläche, mag es die basale oder apikale sein, an dickeren Scheiben (1—1·75 *mm*) entstehen Adventivsprosse sowohl an der beleuchteten als auch an der nicht beleuchteten Wundfläche. An noch dickeren Scheiben (2—5 *mm*), deren basales Ende beleuchtet wurde, entstanden nur an diesem Adventivsprosse; an solchen, die sich in inverser Lage befanden, so daß das apikale Ende beleuchtet wurde, entstanden Adventivsprosse an beiden Polen.

Wir sehen also, daß sich die Polarität an den dünnsten Scheiben gar nicht äußert, der Ort, an welchem Adventivsprosse zum Vorschein kommen sollen, wird durch das Licht bestimmt. Das erhellt auch aus dem Umstande, daß vertikal gestellte dünne Scheibchen (0·5—0·75 *mm*), welche also an beiden Wundflächen beleuchtet werden, häufig an beiden Seiten kümmerliche Sprosse bilden. Wenn sie dies zuweilen nur an einer Seite tun (mag es die basale oder apikale sein), so wird wohl die geringe, in den Scheibchen enthaltene Menge von Reservesubstanzen schuld daran sein; die Knospen sind ja zunächst recht kümmerlich und entstehen, wie schon hervorgehoben, in geringer Anzahl. Daß in Scheiben von mittlerer Dicke (1—1·75 *mm*) die Polarität gar nicht zur Äußerung kommt, kann wohl dem Einfluß des Lichtes nicht zugeschrieben werden, denn es entstehen Adventivsprosse auch dann, wenn der apikale Pol dem Sand angedrückt ist, also im Dunkeln sich befindet. Versuche mit dünnen Scheiben im Dunkeln sind nicht gut gelungen, weil da ihr Gewebe sehr leicht abstirbt und fault.

Um die kurz angedeuteten Resultate zu belegen, will ich hier einen Versuch speziell beschreiben. Am 30. März wurden kräftige, gesunde *Taraxacum*-Wurzeln in Scheiben zerlegt, deren Dicke 0·5, 0·75, 1, 1·5, 1·75, 2, 2·55 und 10 *mm* betrug. Absolut genau sind diese Zahlen nicht. Die Scheiben wurden dann auf feuchten Sand entweder in normaler Lage (basaler Pol frei) oder invers (apikaler Pol frei) gelegt. Schon am 11. April ist an den beleuchteten Wundflächen meist ein deutlicher grüner Kallus zu beobachten, an den

am Sand liegenden Flächen ist er viel schwächer entwickelt, was auch mit der größeren Feuchtigkeit, der dieselben ausgesetzt sind, zusammenhängen wird. Von den invers gelegten Scheiben besitzen die dünnsten (0·5, 0·75 *mm*) keinen Kallus, die dickeren besitzen einen solchen an beiden Polen, am basalen ist er jedoch schwächer. Normal gelegte Scheiben besitzen alle am basalen Pol einen Kallus, und zwar auch die dünnsten; am apikalen Pol besitzen bloß die 2—10 *mm* dicken Scheiben einen Kallus, obzwar derselbe sehr schmächtig ist. Am 16. April besitzen alle normal gelegten Scheiben an der basalen Wundfläche Adventivsprosse, an der apikalen keine. Von den invers gelegten Scheiben besitzen die dickeren (2—5 *mm*) an beiden Polen Sproßanlagen, die dünneren bloß am apikalen, beleuchteten Pole. Am 23. April sind an allen invers gelegten Scheiben an den apikalen Wundflächen Adventivsprosse zu sehen; 0·5, 0·75 und 1 *mm* dicke Scheiben besitzen solche bloß am apikalen (beleuchteten) Pole, die dickeren (1·5—5 *mm*) auch am basalen Pole, wobei die Adventivsprosse entweder an beiden Polen gleich stark wuchsen oder an dickeren (2·5—5 *mm*) Scheiben am apikalen Pole in geringerer Zahl auftraten und schwächer wuchsen. Scheiben, die sich in normaler Lage befanden, besaßen alle am basalen (beleuchteten) Pole Adventivsprosse; es war deutlich zu sehen, daß dieselben an dünneren Scheiben in geringerer Anzahl auftreten und schwächer wachsen. Dünnere Scheiben besitzen Knospen bloß am basalen Pole, dickere (1·5—5 *mm*) auch am gegenüberliegenden Ende, und zwar auch dann, wenn dasselbe in den Sand stark eingedrückt ist.

Unterdessen begannen einige Scheibchen abzusterben, dieselben wurden entfernt und eventuell fixiert. Am 8. Mai war an den gesund gebliebenen Scheibchen nachfolgendes zu beobachten:

A. Scheiben in normaler Lage.

0·75 *mm* dicke Scheiben besitzen 1—3 Adventivsprosse und zwar nur an der apikalen Wundfläche.

Eine 1 *mm* dicke Scheibe besitzt an der oberen Wundfläche 3 Adventivpflanzen, deren größte Blätter 1·5, 3, 4·5 *cm* lang sind. An der unteren (apikalen) Wundfläche besitzt sie 2 Adventivpflanzen mit 1·5 und 3 *mm* langen Blättern

Eine 1·5 *mm* dicke Scheibe besitzt an der oberen Wundfläche 4 Adventivpflanzen (die größten Blätter 2, 2·5, 4, 4·5 *cm* lang), an der unteren (apikalen) einige (etwa sechs) ganz kleine Sproßanlagen.

Eine 2 *mm* dicke Scheibe besitzt an der oberen Wundfläche 6 Adventivpflanzen mit 2—9 *cm* langen Blättern, an der unteren Wundfläche keine Knospen. Eine andere ähnliche Scheibe besaß an der unteren Wundfläche einige winzige

Sproßanlagen. Eine 2·5 *mm* dicke Scheibe besaß an der oberen Wundfläche 12 Adventivpflanzen, deren Blätter 2—12 *cm* lang waren. Auch eine 5 *mm* dicke Scheibe besaß bloß am basalen Ende Adventivsprosse.

B. Scheiben in inverser Lage.

Eine 0·75 *mm* dicke Scheibe besitzt an der oberen (apikalen) Wundfläche 2 Adventivpflanzen, mit 2—5 *mm* langen Blättern; am anderen Pole gibt es keine Pflanzen.

Eine 1 *mm* dicke Scheibe besitzt an der oberen (apikalen) Wundfläche 3 kleine Adventivpflanzen, an der basalen (dem Sand zugekehrten) Wundfläche auch 3 Pflanzen mit fünf 2—6 *mm* langen Blättern.

Eine 1·5 *mm* dicke Scheibe besitzt am beleuchteten (apikalen) Pol 6 Adventivpflanzen mit 1—1·5 *mm* langen Blättern, am basalen Pol 7 Pflanzen mit 1·5—2·5 *cm* langen Blättern.

Eine 2 *mm* dicke Scheibe besitzt am apikalen Pol 2 kleine Adventivpflanzen mit 0·5—1·5 *mm* langen Blättern, am basalen Pol 3 Sproßanlagen mit 0·5 *mm* bis 3 *cm* langen Blättern

Eine 5 *mm* dicke Scheibe trägt am apikalen Pol 4 Adventivpflanzen mit 1 *mm* bis 4 *cm* langen Blättern, am basalen Ende, das stark in den Sand eingedrückt war, 8 winzige Sproßanlagen.

Es ist wohl ein Zufall, daß in diesem Versuche dünne Scheiben, welche an beiden Polen etwa gleich stark entwickelte Sproßanlagen gebildet hatten, früher abzusterben begannen, sonst sieht man ganz gut, daß auch bei normal gelegten Scheiben, deren basales Ende beleuchtet war, am apikalen Pole Adventivpflanzen angelegt werden können, wenn die Scheibchen eine bestimmte mittlere Dicke besitzen. Und das ist das interessanteste Ergebnis unserer Versuche. Denn der Umstand, daß in inverser Lage befindliche Scheiben am apikalen, beleuchteten Pole Adventivsprosse bilden, läßt sich gut begreifen und durch den Einfluß des Lichtes erklären. Tatsächlich begünstigt das Licht die Sproßbildung am apikalen Pole, wie das noch anderen Versuchen zu entnehmen sein wird. Anders könnte man es vielleicht auch so ausdrücken, daß das Licht die Faktoren aufhebt, welche die Sproßbildung am apikalen Pole unter gewöhnlichen Bedingungen hemmen. An ganz dünnen Scheibchen (0·5—0·75 *mm*) läßt sich dieser Einfluß des Lichtes sehr schön demonstrieren, denn da werden Adventivsprosse nur an den beleuchteten Wundflächen angelegt.

In dickeren Scheibchen (1—2·5 *mm*) kommt die Polarität entweder gar nicht zum Vorschein oder sie erscheint sehr abgeschwächt. Denn es können an beiden Polen Adventivsprosse in gleicher Art zum Vorschein kommen oder es unterscheidet sich der apikale Pol vom basalen nur durch die geringere Zahl der

Sprosse sowie durch ihr schwächeres Wachstum. Est ist eine dem Verhalten von dünnen Längslamellen analoge Erscheinung.

Es fragt sich, wie man dieses Zurücktreten der Polarität erklären soll. Zunächst wäre es möglich, daß auch hier das Licht den ausschlaggebenden Faktor vorstellt. Die Scheibchen befanden sich ja am Licht und wenn auch eine Wundfläche dem Sand zugekehrt oder in denselben eingedrückt war, so könnte das Licht durch das Scheibchen durchdringen und die Bildung von Adventivknospen an der nicht direkt beleuchteten apikalen Wundfläche auslösen. Aber es spricht dagegen der Umstand, daß von längeren Wurzelstücken, deren beide Wundflächen direkt beleuchtet sind, bloß einige wenige auch am apikalen Pole Adventivsprosse bilden, obzwar derselbe direkt beleuchtet war und der Einfluß des Lichtes sich hier viel deutlicher äußern sollte als an Scheibchen die bloß einseitig beleuchtet sind.

Weiter muß der Wundreiz in Erwägung gezogen werden. Zwar sind längere Wurzelstücke und dünne Querscheibchen in gleicher Weise verwundet, aber es ist wohl möglich, daß zwei nahe aneinander liegende Verwundungen einen anderen Erfolg haben, als wenn sie in größerer Entfernung an der Pflanze angebracht werden. Es kann sich dann der Wundreiz beider Verwundungen kombinieren und es ist bekannt, daß der Erfolg irgend eines Reizes nicht proportional mit seiner Größe steigen muß, ja daß ungleich starke Reizursachen derselben Qualität qualitativ verschiedene Erfolge haben können. Es könnte auch in unserem Fall eine Überreizung eingetreten sein, die ein Zurücktreten der Polarität zur Folge haben könnte. Das Scheibchen wäre gewissermaßen durch die traumatische Überreizung in bezug auf die Organbildung desorientiert. Es wäre dann auch gut erklärbar, warum mit der steigenden Dicke der Wurzelscheibchen diese Desorientation verschwindet. Der Wundreiz pflanzt sich ja nur auf eine bestimmte Entfernung von der Wundfläche fort, wobei auch seine Intensität allmählich sinken kann (Němec, 1901).

Obzwar diese Erklärung für unsere Versuche ausreichend ist, so muß doch zugegeben werden, daß sie nicht zwingend ist. Es ist nämlich auch möglich, daß Korrelationen bei der Polarität mitspielen. Vöchting ist auf Grund zahlreicher Beobachtungen zum Schluß gekommen, daß sich die Polarität bis auf einzelne Zellen erstrekt, d. h. daß schon jede einzelne Zelle inhärent polar differenziert ist, was natürlich bloß für polare Organe Geltung hat.

Daß dem so sein kann, hat durch einen sinnreichen Versuch Miehe (1905) für eine *Cladophora*-Art bewiesen. Aber es könnte sein, daß in anderen Fällen die Polarität erst durch die gegenseitigen Beziehungen von mehreren Zellen zustande kommt, welche entweder durch ihr Alter sich unterscheiden oder bestimmt orientierte Beziehungen zu anderen Teilen des Pflanzenkörpers aufweisen, oder in denen bestimmt orientierte physiologische Prozesse vor sich gehen. In diesem Sinne ließen sich auch die Resultate unserer Versuche mit *Taraxacum*-Wurzeln deuten. Es könnte sein, daß die Polarität nur durch die gegenseitige Wechselwirkung einer bestimmten Anzahl von Zellen in bestimmter Richtung zustande kommt. Hier müßte dies wohl die Längsrichtung sein. Da wir jedoch gesehen haben, daß auch dünne Längslamellen keine strenge Polarität äußern, scheint mir diese Auffassung nicht ohne weiteres annehmbar zu sein. Eher wird sich die Sache so auffassen lassen, daß in dünnen Scheiben oder Lamellen die Polarität durch eine traumatische Überreizung verloren gegangen ist.

Aus den schon angeführten Versuchen von Wiesner, Goebel und Küster erhellt, daß das Licht, die Feuchtigkeit der Atmosphäre, der Kontakt mit Wasser und die mechanische Hemmung einen bedeutenden Einfluß auf die Regeneration ausüben. Was die Feuchtigkeit der Luft betrifft, so kann man schon bei der Kallusbildung feststellen, daß höhere Feuchtigkeit die Kallus- und Knospenbildung hemmt oder verzögert. Man kann sich davon überzeugen, wenn man mehrere Zentimeter lange Wurzelstücke in das Loch im Boden eines Blumentopfes steckt und die Töpfe dann über feuchten oder trockenen Sand umstülpt. Wenn sich der basale Pol unte dem umgestülpten Topf, der apikale Pol am Licht befindet, so kann man bedeutende Unterschiede in bezug auf die Kallus- und Sproßbildung feststellen, je nachdem sich der basale Pol in feuchter oder in trockener Atmosphäre befindet. Im zweiten Fall bildet sich der Kallus am basalen, verdunkelten Ende viel früher als im ersten, doch entstehen dann Adventivsprosse etwa zu gleicher Zeit an diesem Wurzelende. Aber bei Wurzeln, deren basales, verdunkeltes Ende sich in feuchter Luft befindet, bilden sich häufig auch am apikalen, beleuchteten Pol Adventivsprosse; bei Wurzeln, deren basaler Pol in trockener Luft sich befindet, wurden am apikalen Pol in meinen Versuchen keine gebildet. Man kann also sagen, daß in jenen Fällen, wo sich der basale Pol in trockener Luft befand, am apikalen keine Adventivsprosse entstanden; wo der

basale Pol in feuchter Luft war, entstanden auch am apikalen Pole bei einigen Wurzeln Adventivsprosse. Befindet sich der basale Pol im Wasser, so bildet er keine Adventivsprosse, mag er auch beleuchtet sein; dieselben entstehen bloß am apikalen Pol. In allen Fällen, wo Adventivsprosse an beiden Polen gleichzeitig entstanden, erwiesen sich entweder schon vom Anfang an oder später die am basalen Ende befindlichen üppiger und stärker.

Wie schon Goebel (1906) ausdrücklich hervorgehoben hat, handelt es sich in diesen Fällen, wo an beiden Polen Sprosse zum Vorschein kommen, um keine dauernde Umkehrung der Polarität. Denn wenn man genügend lange Wurzelstücke zum Versuche anwendet und nach der scheinbaren Umkehrung der Polarität die mit Adventivsprossen versehenen Enden abschneidet und die Wurzelstücke von neuem so regenerieren läßt, daß die beiden Pole im Dunkeln gleichen Bedingungen ausgesetzt sind, so bilden sich Adventivsprosse bloß am basalen Ende, wodurch die ursprüngliche vertizibasale Polarität wieder zum Vorschein kommt. Werden Wurzelstücke am basalen Pole in Gips verschlossen, so entstehen früh am apikalen Pol Adventivsprosse. Zuweilen schrumpft unterdessen die Wurzel ein wenig, dadurch wird auch am basalen Pol das Kambium frei und es werden hier Adventivsprosse angelegt. Man kann auch vor dieser Schrumpfung an genügend langen Wurzeln an beiden Polen neue Wundflächen herstellen und dieselben frei lassen, wobei wiederum die ursprüngliche Polarität zum Vorschein kommt.

Literaturverzeichnis.

Goebel, K., 1902, Über Regeneration im Pflanzenreich. Biolog. Ctbl. XXII, S. 385.

Goebel, K., 1906, Allgemeine Regenerationsprobleme. Wiss. Erg. d. intern. bot. Kongr. Wien 1905, Jena 1906.

Küster, E., 1903, Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903, S. 170 ff.

Miehe, H. 1905, Wachstum, Regeneration und Polarität isolierter Zellen. Ber. d. d. bot. Ges. 1905.

Němec, B., 1901, Die Reizleitung und die reizl. Strukt. d. Pfl., Jena 1901.

Rechinger, 1894, Unters. über die Grenzen der Teilbarkeit im Pflanzenreich. Verh. zool.-bot. Ges. Wien 1894.

Vöchting, H., 1884, Über Organbildung im Pflanzenreich, Bonn 1878 u. 1884.

Vöchting, H., 1892, Über Transplantation am Pflanzenkörper. Tübingen 1892.

Wakker, 1885, Onderzoekingen over adventive Knoppen. Amsterdam 1885.

Wiesner, J., 1892, Die Elementarstruktur etc. Wien 1892, S. 112.

Die Atmungsenzyme in den Pflanzenorganen

von

Julius Stoklasa (Prag).

Eingelangt am 15. September 1907.

Wie aus meinen zahlreichen Untersuchungen über die Isolierung der glykolytischen Enzyme aus dem Pflanzenorganismus, welche in unserer Versuchsstation unter Mitwirkung meiner Assistenten binnen fünf Jahren ausgeführt worden sind, deutlich hervorgeht, sind in den Pflanzenzellen Atmungsenzyme vorhanden, welche eine Milchsäure- und alkoholische Gärung hervorrufen.[1])

Wir haben bis jetzt, was ich mit voller Sicherheit behaupten kann, zweierlei Arten von Atmungsenzymen vor uns, und zwar: die im Protoplasma sich abspielenden primären Prozesse werden

1. durch die Enzyme, welche die Milchsäurebildung hervorrufen, wahrscheinlich durch die Zymase, und

2. durch die Enzyme, welche die Alkohol- und Kohlendioxydbildung verursachen, wahrscheinlich durch die Lactacidase, hervorgerufen, und zwar, was speziell erwähnenswert ist, wie wir uns genügend überzeugt haben, ohne jedwede Bakterienwirkung.

Die von uns aus den Pflanzenorganen isolierten Enzyme sind also in vieler Hinsicht der Zymase und Lactacidase ähnlich.

---

[1]) Siehe: »Der anaërobe Stoffwechsel der höheren Pflanzen und seine Beziehung zur alkoholischen Gärung« von Julius Stoklasa, Joh. Jelínek und Eugen Vítek; »Beiträge zur chemischen Physiologie und Pathologie«, Zeitschrift für die gesamte Biochemie, herausgegeben von Franz Hofmeister, Bd. III, Heft 11, Braunschweig 1903; ferner: »Alkoholische Gärung im Tierorganismus und die Isolierung gärungserregender Enzyme aus Tiergeweben«, erster Teil, von Julius Stoklasa unter Mitwirkung von F. Černý, Joh. Jelínek, Eugen Šimáček und Eugen Vítek, Archiv für die gesamte Physiologie, Bd. 101, Bonn 1904.

Unsere weiteren Forschungen haben ferner ergeben, daß bei Gegenwart von Sauerstoff die Abbauprodukte durch weitere Degradation in Essigsäure, wahrscheinlich in Methan, in Ameisensäure und schließlich in Wasserstoff umgewandelt werden. Die gebildeten Spaltungsprodukte, soweit sie noch oxydierbar sind, werden sodann durch den hinzutretenden Sauerstoff der Luft zu Kohlendioxyd, eventuell zu Wasser verbrannt.

Daß die hier in Rede stehenden Enzyme in den Pflanzenorganen tatsächlich existieren und sich selbe auch isolieren lassen, haben wir in unseren unten angeführten Arbeiten[1]) zur Genüge bewiesen.

Es ist uns in der Tat gelungen, in dem Preßsafte der frischen und jungen Pfanzenorgane neben der Zymase und Lactacidase ein Enzym zu isolieren, welches die Essigsäurebildung hervorruft. Bemerkenswert ist ferner, daß sich auch durch die Gefriermethode die Enzyme in den Pflanzenorganen mit Leichtigkeit konstatieren lassen. Überhaupt ist die Abtötungsmethode durch niedrige Temperatur von W. Palladin, S. Kostytschew, Fräulein T. Krasnosselsky usw. eine vorzügliche Methode, welche wir bei verschiedenartigen Pflanzenorganen sowie auch bei Bakterien wie zum Beispiel *Azotobacter chroococcum* und *Bact. Hartlebi* behufs Konstatierung jener Enzyme, welche eine Milchsäure-, Alkohol- und Kohlendioxydbildung verursachen, mit Erfolg angewendet haben.

Im nachstehenden will ich über neue Versuche über die Konstatierung der Atmungsenzyme, welche ebenfalls unter Benutzung der Gefriermethode angestellt worden sind, referieren. Nachdem unserer Überzeugung gemäß alte Organe ein schlechtes Material zur Konstatierung der Atmungsenzyme liefern, benutzten wir hierzu nur frische und junge Pflanzenorgane. Was unsere Versuchsmethoden anbelangt, so verfuhren wir hierbei in folgender Weise:

In einen großen Zylinder von einem Liter Inhalt wurden die abgewogenen, frischen, reinen, ganzen (nicht zerriebenen) Pflanzenorgane gebracht, mittels Kautschukpfropfen verschlossen und in einem Gefäß mit Kältemischung 24 Stunden belassen. Die durch-

[1]) Siehe Julius Stoklasa, Adolf Ernest und Karl Chocenský: »Über die glykolytischen Enzyme im Pflanzenorganismus«, Hoppe-Seylers Zeitschrift für physiologische Chemie, Bd. 50, Heft 4 und 5, 1907, und Bd. 51, Heft 1 und 2, 1907. Dieselben: »Über die anaërobe Atmung der Samenpflanzen und über die Isolierung der Atmungsenzyme«, Berichte der Deutschen Botan. Gesellschaft, Bd. XXIV, Heft 10, 1906, Bd. XXV, Heft 1, 1907, Bd. XXV, Heft 3, 1907.

schnittliche Temperatur während der vorerwähnten Zeit betrug — 20° bis — 25° C. Der Frierprozeß verlief in einem kalten Zimmer einer Prager Eisanstalt. Die erfrorenen Pflanzenorgane wurden sodann in andere sterile Zylinder von gleichem Inhalt geschafft und mit 15—20 *g* Toluol benetzt.

Den hohen Zylinder von 7—8 *cm* Durchmesser schließt ein gut dichtender Kautschukpfropfen, der 4 *cm* tief in den Zylinder hineinragt.

Durch den zweimal gebohrten Pfropfen führen zwei Glasröhren, von denen die zuleitende bis zum Boden des Zylinders reicht, während die ableitende des Liebigschen Kühlers den unteren Rand des Pfropfens um 5 *cm* überragt. Die Pfropfen der Zylinder wurden durch Übergießen mit geschmolzenem Paraffin völlig undurchlässig gemacht.

Die Gase passieren nach dem Austritt aus dem Zylinder zuerst einen Winklerschen Absorptionsapparat, welcher sich in einem eiskalten Gefäß befindet, um die Toluoldämpfe, welche sich in dem Liebigschen Kühler nicht kondensiert haben, aufzufangen, ferner zwei 25 *cm* hohe, 2·5 *cm* weite U-Röhren mit Kupfervitriolbimsstein, weiters ein drittes U-förmiges Rohr, welches Chlorkalzium enthält, das häufig erneuert wird. Das völlig getrocknete Kohlendioxyd passiert zuerst eine U-Röhre, welche mit ausgeglühtem Natronkalk gefüllt ist, sodann den mit Kaliumhydroxyd gefüllten Geißlerschen Apparat. Um die aus diesem entweichende ganz unbedeutende Menge Wasser und CO_2 aufzufangen, sind weiter mit festem Kaliumhydroxyd und Kalziumchlorid gefüllte U-Röhren vorgelegt. Weiter rückwärts befindet sich noch ein U-förmiges Schutzrohr, dazu bestimmt, in der Luft enthaltenes Kohlendioxyd (und Feuchtigkeit) abzuhalten. Es ist mit Kalziumchlorid und Kaliumhydroxyd gefüllt und mit dem Aspirator verbunden. Die oben erwähnten U-Röhren sowie der Geißlersche Apparat wurden vor und nach dem Durchleiten der Gase gewogen. Natürlich wurde bei der anaëroben Atmung der Wasserstoff aus den Absorptionsapparaten durch CO_2-freie Luft ausgetrieben.

Um den Nachweis zu liefern, daß in dem Absorptionsapparat keine Toluoldämpfe vorhanden waren, wurde nach Abwiegen desselben CO_2-freie Luft durch die Absorptionsapparate durchgeleitet und sodann die Apparate nochmals abgewogen. Durch den Zylinder wurde pro Stunde 1 Liter keim- und kohlendioxydfreie Luft oder eventuell reiner Wasserstoff hindurchgeleitet. Nach Beendigung

des Versuches wurde sowohl aus dem Wasser als auch aus den Pflanzenorganen durch Destillation Alkohol ausgetrieben. Zu dem Kolbeninhalt, bestehend aus dem Brei der Pflanzenorgane und aus dem Wasser, in welchem sich die betreffenden Pflanzenorgane befanden, wurde Kaliumkarbonat bis zur alkalischen Reaktion zugesetzt und hierauf der Alkohol abdestilliert.

Nach Austreibung des Alkohols wurde sodann die Lösung mit Phosphorsäure angesäuert und die flüchtigen Fettsäuren mit Dampf ausgetrieben.

Nach Austreibung der flüchtigen Fettsäuren mit Dampf wurde hierauf in dem Kolbeninhalt die Milchsäure nach A. Partheil bestimmt.

Nun gelangen wir vorerst zur Bestimmung des Alkohols. Denselben bestimmten wir nach der anaëroben und aëroben Atmung in den Pflanzenorganen in der Art, daß wir durch mehrfache Destillation und durch den Scheidetrichter das Toluol abtrennten. Hierauf wurde das fünfte, beziehungsweise sechste Destillat in dem gut kalibrierten Pyknometer von Reischauer-Aubry gesammelt und sodann die Menge des gebildeten Alkohols aus dem spezifischen Gewicht ermittelt.

Bemerkt sei hier noch, daß wir die Destillate mit Alkohol, welche, wie ich bereits schon früher erwähnt habe, einer mehrfachen Destillation unterworfen worden sind, vor der Destillation immer entweder schwach angesäuert oder schwach alkalisch gemacht haben. Zur Ansäuerung des Destillats wurde $^1/_{10}$ Normalschwefelsäure, zur Alkalisierung dagegen Kaliumkarbonat verwendet.

Zur Identifizierung des Äthylalkohols bedienten wir uns der Methode Berthelot und der Jodoformprobe von Müntz. Um den Äthylalkohol weiters qualitativ nachweisen zu können, benutzten wir noch folgende Reaktionen:

Es wurde die zu untersuchende Flüssigkeit mit H_2SO_4 und K_2CrO_4 in bestimmtem Verhältnis versetzt, destilliert und das Destillat in Fraktionen aufgefangen. Die Oxydationsprodukte sammelten wir sodann in mittels Eis gekühltem Wasser unter Berücksichtigung der entweichenden Kohlensäure, welch letztere in Absorptionsapparaten aufgefangen wurde. Die Produkte der Oxydation des Alkohols, und zwar Aldehyd. Essigsäure und Kohlendioxyd wurden sodann qualitativ nachgewiesen.

Zur Bestimmung des Aldehyds verwendeten wir eine ammoniakalisch-alkalische Silberlösung, welche schon von Spuren von Aldehyd reduziert wird.

Wir benutzten noch andere Methoden zum weiteren Nachweis des Aldehyds, und zwar:

1. die Bildung von Aldehydharz durch Erhitzen mit konzentrierter $NaOH$;

2. die Reaktion mit Nesslers Reagens nach Crismer und

3. die Jodoformprobe nach Lieben.

Was die quantitative Bestimmung des Alkohols betrifft, so bedienten wir uns hierzu jener Methoden, welche in unserer in Hoppe-Seylers Zeitschrift für physiologische Chemie, Bd. 50, Heft 4 und 5, 1907 erschienenen ausführlichen Arbeit »Über die glykolytischen Enzyme im Pflanzenorganismus« deutlich geschildert sind.

Behufs Feststellung der aliphatischen Säuren untersuchten wir die Pflanzenorgane, ob selbe Milch-, Essig- und Ameisensäure enthalten.

Zum Milchsäurenachweis benutzten wir die vorzügliche Methode von H. Behrens, und zwar durch Bildung von Kobalto-Baryumlaktat. Weiters wurde zum Nachweis der Milchsäure auch das Uffelmannsche Reagens zur Anwendung gebracht und die neueste und gute Methode von R. O. Herzog (Zum chemischen Nachweis einiger physiologisch wichtiger Stoffe, Annalen der Chemie 1906) benutzt.

Die Reaktion von Herzog kann tatsächlich mit Erfolg zum Nachweis minimaler Mengen Milchsäure angewendet werden. Auch die geringen Mengen von Acetaldehyd, welche sich bei vorerwähntem Prozeß bei der aëroben Atmung entwickeln, können erkannt werden. Am besten läßt man die Reaktion in einem kleinen Kölbchen oder Reagensglase bei Gegenwart von etwas Alkohol vor sich gehen, aus dem durch ein Knierohr die Reaktionsprodukte, Kohlensäure und Acetaldehyd, in wenig Wasser (etwa in einem Reagensglase) geleitet werden. Hier weist man Aldehyd durch etwas Nitroprussidnatrium und Piperidin nach. (Blaue Färbung, die auf Zusatz von einem Tropfen Natronlauge violett, rot, gelb wird.)

Was die Bestimmung der Essig- und Ameisensäure betrifft, so sind wir hierbei in folgender Weise vorgegangen.

Wir haben die konzentrierte Flüssigkeit erwärmt und sodann hierzu bis zur ganz neutralen Reaktion fein gepulvertes kohlensaures Bleioxyd zugesetzt. Hierauf wurde die Lösung bis zur Trockene auf einem Wasserbade abgedampft und der Rückstand mit kaltem Alkohol digeriert. Im Alkohol löste sich bloß Bleiacetat, Bleiformiat blieb jedoch in unlöslichem Zustande. Die Lösung wurde sodann

durch ein mit Alkohol angefeuchtetes Filter filtriert und hierauf die Essigsäure festgestellt. Letztere wurde in der Weise bestimmt, daß der Alkohol abgedampft und die feste Substanz mit Alkohol und konzentrierter Schwefelsäure behandelt und erwärmt wurde.

Bei Vornandensein der Essigsäure entsteht Essigsäureester, der sich durch seinen angenehmen Geruch auszeichnet.

Zur Feststellung der Ameisensäure zersetzten wir Bleiformiat mit verdünnter Schwefelsäure und erhitzten hierauf dieses Gemisch. Die in Freiheit gesetzte Ameisensäure erkennt man an einem Stück Papier, das man mit salpetersaurem Silberoxyd tränkt und über die Mündung der Eprouvette legt.

Was die quantitative Bestimmung der Milchsäure anbelangt, haben wir, wie bereits erwähnt, die Methode Partheil benutzt, welche, wie wir uns überzeugten, verläßliche Daten liefert.

Bei der Bestimmung der Essigsäure gingen wir in nachstehender Weise vor:

Die Essigsäure wurde aus den Lösungen, welche mit Phosphorsäure angesäuert wurden, mit Wasserdampf abgetrieben und dann im Destillat als Silberacetat, und zwar in farblosen Kristallen ausgeschieden. Die jedesmal vorgenommene Silberbestimmung ergab zwischen 62·0—65% *Ag*. Die Theorie verlangt 64·64% *Ag* im $C_2H_3O_2Ag$.

Nun folgen die Resultate unserer neuen Versuche.

Anaërobe Atmung in Toluoldämpfen:

a) ganze Pflanze vom Maiglöckchen (*Convallaria majalis*)

im Gewichte von	126 *g*
Trockengewicht	21·3 *g*
Dauer des Versuches	75 Stunden
Menge der gebildeten Milchsäure	68·3 *mg*
Menge des gebildeten Alkohols	143·5 *mg* [1])
Menge des gebildeten Kohlendioxyds	124·3 *mg*.

[1]) Es ist hier noch zu erwähnen, daß wir die kleinsten Mengen Alkohol, welche sich vor dem Versuche in den Pflanzen, und zwar im Maiglöckchen und in der Einbeere, sowie in den Früchten von Pisang und Gurke vorfanden, bei der anaëroben und aëroben Atmung von der Gesamtmenge des Alkohols abgezogen haben. Ich führe hier die Mengen von Alkohol, welche wir in den einzelnen Pflanzenorganen gefunden haben, an:
In 1 *kg* frischer Substanz von der Gurke wurden 23·5 *mg* Alkohol gefunden, in 1 *kg* Früchte von Pisang waren . . . . . 37.8 *mg* Alkohol vorhanden, in 1 *kg* der ganzen Pflanze vom Maiglöckchen sowie in der von der Einbeere konnten wir bloß Spuren von Alkohol nachweisen.

b) Ganze junge Pflanze von Einbeere (*Paris quadrifolia*)
im Gewichte von . . . . . 96 *g*
Trockengewicht . . . . . 16·3 *g*
Dauer des Versuches . . . . . 82 Stunden
Menge des gebildeten Alkohols . . . . . 111·4 *mg*
Menge des gebildeten Kohlendioxyds . . . . . 130·6 *mg*
Milchsäure wurde quantitativ nicht bestimmt.

c) Abgeschälte grüne Früchte vom Gemeinen Pisang (*Musa paradisiaca*)
im Gewichte von . . . . . 203 *g*
Trockengewicht . . . . . 32·7 *g*
Dauer des Versuches . . . . . 62 Stunden
Menge des gebildeten Alkohols . . . . . 313·6 *mg*
Menge des gebildeten Kohlendioxyds . . . . . 288·3 *mg*
Milchsäure wurde quantitativ nicht bestimmt.

d) Abgeschälte junge frische Früchte von Gurken (*Cucumis sativus*)
im Gewichte von . . . . . 210 *g*
Trockengewicht . . . . . 34·6 *g*
Dauer des Versuches . . . . . 72 Stunden
Menge der gebildeten Milchsäure . . . . . 93·3 *mg*
Menge des gebildeten Alkohols . . . . . 246·2 *mg*
Menge des gebildeten Kohlendioxyds . . . . . 220·3 *mg*.

Aërobe Atmung in Toluoldämpfen:

a) ganze Pflanze vom Maiglöckchen (*Convallaria majalis*)
im Gewichte von . . . . . 132 *g*
Trockengewicht . . . . . 25·3 *g*
Dauer des Versuches . . . . . 82 Stunden
Menge des gebildeten Alkohols . . . . . 54·3 *mg*
Menge des gebildeten Kohlendioxyds . . . . . 252·8 *mg*
Menge der gebildeten Essigsäure . . . . . 92·7 *mg*
Milchsäure wurde quantitativ nicht bestimmt.

b) Ganze junge Pflanze von Einbeere (*Paris quadrifolia*)
im Gewichte von . . . . . 105 *g*
Trockengewicht . . . . . 19·6 *g*
Dauer des Versuches . . . . . 90 Stunden
Menge der gebildeten Milchsäure . . . . . Spuren
Menge des gebildeten Alkohols . . . . . Spuren
Menge des gebildeten Kohlendioxyds . . . . . 284·3 *mg*
Menge der gebildeten Essigsäure . . . . . 112·3 *mg*.

c) Abgeschälte grüne Früchte vom Gemeinen Pisang (*Musa paradisiaca*)

im Gewichte von	213 *g*
Trockengewicht	35·7 *g*
Dauer des Versuches	70 Stunden
Menge der gebildeten Milchsäure	Spuren
Menge des gebildeten Alkohols	Spuren
Menge des gebildeten Kohlendioxyds	593 *mg*
Menge der gebildeten Essigsäure	107 *mg*.

d) Geschälte junge frische Früchte von Gurken (*Cucumis sativus*)

im Gewichte von	195 *g*
Trockengewicht	31·3 *g*
Dauer des Versuches	78 Stunden
Menge der gebildeten Milchsäure	89·8 *mg*
Menge des gebildeten Alkohols	Spuren
Menge des gebildeten Kohlendioxyds	533·7 *mg*
Menge der gebildeten Essigsäure	112 *mg*.

Bei der aëroben Atmung konnten wir bei allen Versuchen bloß minimale Quantitäten von Ameisensäure konstatieren.

Lenken wir nun jetzt unser Augenmerk auf die Resultate unserer Versuche, welche bei Sauerstoffabschluß ausgeführt wurden, so erkennen wir, daß die anaërobe Atmung der erfrorenen Organe der höheren Pflanzen eine alkoholische Gärung ist, die durch die Enzyme, welche der Zymase und Lactacidase ähnlich sind, verursacht wurde.

Bemerkt sei hier nur noch, daß wir nur diejenigen Versuche angeführt haben, wo wir mit untrüglicher Sicherheit uns durch Gelatineplattenguß[1]) sowie durch Impfung mit der Platinöse in Zuckerbouillon überzeugt haben, daß sie unter völligem Ausschluß von Mikroben durchgeführt wurden. Auch hinsichtlich der anaëroben Bakterien haben wir uns nach allen möglichen Methoden von ihrer völligen Abwesenheit überzeugt. Ich kann daher mit absoluter Bestimmtheit erklären, daß bei der anaëroben Atmung die Bildung der Milchsäure, des Alkohols und des Kohlendioxyds, bei der aëroben Atmung die Bildung der Milchsäure, des Alkohols, des

[1]) Zur Gelatine wurde etwas Glukose und dann auch Extrakt von den betreffenden Pflanzenorganen, welche wir zu unseren Versuchen benutzten, zugesetzt.

Kohlendioxyds und der Essig- und Ameisensäure nur durch die Enzyme hervorgerufen wurde.

Durch die Anwendung der Gefriermethode wurden die einzelnen Pflanzenorgane getötet, die in ihnen befindlichen Enzyme wurden jedoch nicht zerstört. Das Bestehen in voller Aktivität der Zymase und Lactacidase, sowie der Enzyme, welche die Essig- und Ameisensäurebildung verursachen, ist bei den erfrorenen Organen so kurz, daß sie aus dem Preßsaft nach unseren mehrfach beschriebenen Methoden nicht mehr isoliert werden können. Uns ist es bisher noch nicht gelungen, aus den erfrorenen Pflanzenorganen das Rohenzym Zymase und Lactacidase zu isolieren. Die Isolierung der soeben jetzt erwähnten Enzyme kann nur aus dem Preßsaft der jungen und frischen nichtgefrorenen Organe vorgenommen werden.

Goethe, Linné und die exakte Wissenschaft der Natur

von

Houston Stewart Chamberlain (Wien).

Eingelangt am 16. Sept. 1907.

> Das Jahrhundert geht auf rechten und falschen Wegen nach allen Seiten in die Breite, so daß eine unschuldige, Schritt vor Schritt sich bewegende Naivität, wie die meinige, vor mir selbst eine wundersame Rolle spielt.
>
> Goethe (1817).

Goethe den Naturforscher erblicken wir heute in einer anderen Perspektive als früher; erst durch die Weimarer Ausgabe ist es möglich geworden, diese Seite seiner Tätigkeit hinlänglich zu überschauen. An dem in die Betrachtung des Kosmos versenkten Goethe ist es hinfürder unmöglich, achtlos vorüberzugehen; denn die unvergleichliche kulturelle Bedeutung des Verfassers von »Wilhelm Meister« und »Faust« wurzelt in seinem Verhältnis zur Natur. Und da hat denn eine so ungestüme Reaktion Platz gegriffen, daß wir in derjenigen Goethe-Biographie, die als die klassische gepriesen wird und die sich in der Tat durch eine gewisse — dem Meister abgeguckte — gravitätische Zurückhaltung auszeichnet, folgende Worte lesen: »Man darf sagen, daß erst unser Dichter die Botanik und mit ihr zugleich die Zoologie zum Range einer wirklichen Wissenschaft emporgehoben hat«[1]). Derlei unbesonnene Urteile finden wir in den meisten neueren Lebensschilderungen und auch in den Gesamtausgaben mit Kommentaren, welche, wie die Hempels und Kürschners und wie Cottas Jubiläumsausgabe, durch den wissenschaftlichen Charakter der Herausgeber das Vertrauen ernster Leser erwecken[2]).

[1]) Bielschowsky: Goethe II, 422, in dem von Prof. S. Kalischer (Berlin) verfaßten Kapitel: »Goethe als Naturforscher«.

[2]) Schulrat Heynacher z. B. macht in der »Philosophischen Bibliothek« Goethe zum »hervorragendsten Vorgänger Darwins« — eine Ungeheuerlichkeit,

Zu der kritiklosen Anpreisung von Goethes Leistungen gesellt sich, um den Eindruck zu erhöhen, eine systematische Geringschätzung der großen empirischen Forscher. Jedoch nicht allein Goethe-Philologen, sondern auch berufsmäßige Naturforscher sind bereits von dem Taumel ergriffen. Im Jahre 1904 erfuhr man mit Erstaunen aus dem Goethe-Jahrbuch, Linnés Philosophia botanica sei »kaum als Botanik« zu betrachten; zwei Jahre darauf war die Erkrankung des gesunden Urteils so weit fortgeschritten, daß uns an derselben Stelle versichert wurde, »die mit scholastischen Kunststücken herausgeputzte Pflanzenregistratur, in welcher Linné sich eingebildet hatte, eine ebenbürtige Wissenschaft begründet zu haben«, sei nichts weiter als »geistloses Handwerk«. Auf diese Weise und in diesem Tone glaubt ein Fachbotaniker einen Goethe zu ehren! Wäre doch der Meister selber da, um es sich zu verbitten! Als einmal ein Anfänger es sich herausgenommen hatte, wegwerfend von Linné zu reden, weist ihn Goethe zurecht: »Wenn du weiter vorwärts in dem Felde der Naturgeschichte kommst. wirst du anders von Linné denken und seine unsterblichen Verdienste kennen lernen.« Und 1817, als fast siebzigjähriger Mann, zurückblickend auf die Entstehung seiner Ideen über die Pflanzenwelt, schreibt er: »Ich fühlte immer mehr Ehrfurcht für diesen einzigen Mann« [1]). Goethe wäre nicht Goethe, wenn er nicht so gedacht und gesprochen hätte. Seine eigenen wahren Verdienste um die Erkenntnis der Natur liegen an anderem Orte; zwar berührt er sich mit Linné, doch, wie er selber sagt, nur um die Ergebnisse der herkulischen Lebensarbeit dieses Forschers »symbolisch zu benutzen« und sich daraus »ein Organ« zu erschaffen, mit dem »sich viel tun läßt« [2]). Goethe benutzt also die exakte Wissenschaft, geht aber selber andere Wege. Und so hören wir denn Alexander von Humboldt fast mit denselben Worten berichten, durch die Berührung mit Goethes Naturansichten sei er »gewissermaßen mit neuen Organen ausgestattet worden«. Sich und den anderen neue Organe erschaffen; wahrlich, das ist keine geringe Leistung; jeder denkende Naturforscher wird sie mit Humboldt verehren und sich einzuverleiben trachten, ohne darum die Verdienste der großen Empiriker, denen

---

die wohl nur der fachmännisch gebildete Naturforscher recht würdigen kann (»Goethes Philosophie aus seinen Werken«, S. IV. u. 30).

[1]) Briefe, 13, 8, 86, und »Zur Morphologie« I, XXIX (vergl. Weimarer A., 2. Abt., 6, 394).

[2]) Brief an Zelter, 14, 10, 16.

allein wir die exakte Wissenschaft der Natur verdanken, geringer zu schätzen, und ohne sich selber in den Methoden exakter Forschung irreleiten zu lassen.

Die Verwirrung, die heute in bezug auf Goethes Verhältnis zur exakten Wissenschaft herrscht, geht nun zum nicht geringen Teil auf Goethe selbst zurück; keiner vermag es, sich selber historisch zu erfassen; einzig eine sachgemäße Kritik kann Klarheit schaffen. Dies wird im folgenden versucht. Der knapp zugemessene Raum zwingt aber, lediglich das Verhältnis Goethes zu Linné zu behandeln und auch hier nur einzelne Punkte herauszuheben, die als Leitgedanken anregen sollen. Die Polemik dient bloß als Sprungbrett. Oft schon Gesagtes zu wiederholen, ist tunlichst vermieden worden.

Trotz der ciceronischen Künste, die auf den Nachweis des Gegenteils verwendet worden sind, bleibt die Tatsache bemerkenswert, daß die erste Ausgabe der Pflanzenmetamorphose einen wesentlich anderen Titel trägt als die beiden folgenden, die Goethe noch selbst veranlaßt hat; es drückt sich hierin eine geänderte Auffassung der eigenen Leistung aus. 1790 heißt es: »Versuch, die Metamorphose der Pflanzen zu erklären«; 1817: »Die Metamorphose der Pflanzen«; 1831: »Versuch über die Metamorphose der Pflanzen«. Der bloße Titel genügt zum Nachweis, daß 1790 Goethe den Begriff »Metamorphose der Pflanzen« als bekannt voraussetzte und sich lediglich vornahm, diese Metamorphose »zu erklären«. Zahlreiche Stellen aus seinen Schriften und Briefen bestätigen dies. In einer der Skizzen zu seiner Abhandlung notiert er z. B.: »Botaniker selten, welche die Metamorphose merkwürdig genug fanden« (13, 30[1]), und im § 4 der Metamorphose lesen wir: »Die geheime Verwandtschaft der verschiedenen äußeren Pflanzenteile . . . ist von den Forschern im allgemeinen längst erkannt . . und man hat die Wirkung, wodurch ein und dasselbe Organ sich uns mannigfaltig verändert sehen läßt, die Metamorphose der Pflanzen genannt.« Also, beides ist schon da, die Beobachtung und der Name[2]). Und wenn auch Goethe von den Forschern im all-

[1]) Alle Zitate ohne nähere Angabe beziehen sich auf die 2. Abteilung der Weimarer Ausgabe.

[2]) Das Wort »Metamorphose« war in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts ein Modewort. Voltaire sagt in seinem Dictionnaire Philosophique: »La terre est couverte de Métamorphoses« (ungefähr 1755); man braucht nur

gemeinen spricht, im Sinne hat er jedenfalls speziell den einen Linné. Den Gedanken der morphologischen Identität aller Seitengebilde der höheren Pflanzen und den Namen für den Gedanken: beides verdankt er Linné. Wenn er z. B. am 18. August 1787 an Knebel schreibt: »Durch meine Harmonia plantarum wird das Linnéische System aufs schönste erleuchtet«, so deutet er hiermit gewiß auf Linnés Metamorphosis vegetabilis; das künstliche Sexualsystem kann unmöglich gemeint sein, und Linnés Versuch eines natürlichen Systems überstieg weit Goethes sehr beschränkte Kenntnisse; meines Wissens hat er es kein einzigesmal erwähnt[1]). Da nun Goethe erzählt, Linnés »Philosophia botanica« sei sein »tägliches Studium« gewesen (6, 104), da er es mit sich in die Ilmenauer Einsamkeit nimmt, um es »in der Folge« durchzustudieren (Bf. 8, 11, 85), und Bücher von Linné später in Italien seine ganze naturwissenschaftliche Reisebibliothek ausmachen, so dürfen wir wohl voraussetzen, die in der Philosophia knapp ausgesprochenen, in anderen Schriften Linnés näher ausgeführten Beobachtungen und Gedanken über die Metamorphose seien ihm nicht nur bekannt, sondern auch interessant gewesen. Und so sehen wir denn, auch nach Italien, daß Goethe, als er an die nähere Ausarbeitung seiner inzwischen gereiften Ideen über die Pflanzen geht, nichts Eiligeres und Dringenderes weiß, als sich noch weitere Werke Linnés zu bestellen (Bf. 28, 9, 88). Die erste Ausgabe der »Metamorphose« ziert dementsprechend ein langes Motto von Linné, das in der zweiten Ausgabe verschwand und in der dritten durch ein griechisches und ein biblisches ersetzt wurde. Hat nun Goethe bei der 2. Ausgabe das Motto fortgelassen und in der 3. Ausgabe schöne Stellen aus der zweiten über Linné gestrichen oder abgedämpft (vergl. z. B. 6, 394 mit 6, 116 ff.) und pflegte er — wenn wir uns auf Eckermann verlassen dürfen — in späteren Jahren zu sagen: »Ich entdeckte das Gesetz der Metamorphose« (1, 2, 27) oder: »Ich habe die Metamorphose der Pflanzen erfunden« (20, 12, 26), sollte er wirklich — in direktem Widerspruch zu jenem oben zitierten § 4 — Johannes Falk gegenüber geäußert haben: »Ich stellte als erster die Idee von der Metamorphose der Pflanzen auf« (Goethe, S. 32),

in einem beliebigen Briefwechsel jener Zeit zu blättern, um dem Worte zu begegnen (öfters z. B. bei Galiani in den siebziger Jahren).

[1]) Die Worte 6, 109 über »Linnés fromme Wünsche« wären ein so unwürdiger Spott auf Linnés Verdienste um eine natürliche Systematik, daß man sie nur als Flüchtigkeit einschätzen könnte.

so müssen wir als unparteiische Beurteiler der Dokumente anerkennen: erstens, daß Goethe wohl von Anfang an sich nicht recht vergegenwärtigt hat, wie sehr viel er Linnés Anregungen verdankte, woraus begreiflich wird, daß bei zunehmendem Alter die Erinnerung hieran immer mehr verblaßte, zweitens, daß seine eigene Auffassung seiner eigenen Metamorphosenlehre im Laufe der Zeit eine sehr bedeutende Verschiebung erlitten hat — was ja auch zur Genüge aus der Tatsache hervorgeht, daß er erst durch Schillers Einwürfe (also von 1794 ab) begreifen lernte, was er hier lehre, sei Idee und nicht Erfahrung, wogegen er früher, wie er sich ausdrückt, »in einem steifen Realism und einer stockenden Objektivität« befangen gewesen war (Bf. an Schiller 13. 1. 98).

Mehrere Jahre vor Goethes Geburt finden wir Bernard de Jussieu und Linné in brieflichem Verkehr über die von Linné entdeckte Pelorienbildung bei Linaria; Jussieu neigt dazu, sie als »Metamorphose« der normalen Blüte aufzufassen, wogegen Linné gern darin eine plötzlich »durch Transmutation einer Art in eine andere neu entstandene Art« erblicken möchte; Experiment und fortgesetzte Beobachtung sollen das Weitere entscheiden[1]). Diese Tatsache erwähne ich anekdotenhaft nebenbei, nur um zu zeigen, wie plastisch lebendig sich alles in den Köpfen bedeutender Forscher gestaltet, und wie bitteres Unrecht Gelehrte begehen, die ruhig zusehen, wenn Halbwissen und Unwissen ihre großen Vorgänger bis zur Karikatur degradieren — wie das heute bei Linné der Fall ist. Solange uns Linné nur in einem Zerrbild bekannt ist, bleibt es unmöglich, das Verhältnis Goethes zu Linné historisch objektiv zu beurteilen.

Dies leitet nun zu der Frage über: Waren Linnés Vorstellungen über die Metamorphose des Blattes so geartet, daß sie Goethe zu seiner Lehre die Anregung geben konnten? Die Beantwortung dieser Frage ist nicht so einfach, wie man zuerst wähnen möchte, denn sie setzt eine eingehende Kenntnis der wissenschaftlichen Vorstellungen im 18. Jahrhundert voraus, und zwar in ihrem historischen Zusammenhang. Zum Glück besitzen wir hier ein Urteil, welches uns aller weitläufigen Diskussion enthebt. Joseph Dalton Hooker, der frühere Präsident der Royal Society, der durch seinen ebenso berühmten Vater (geb. 1785) die Tradition des vorausgegangenen Säkulums als Kind einsog, ist ein so anerkannt tüchtiger Botaniker, dazu ein Mann von so umfassenden wissenschaftlichen

[1]) Man schlage in dem von J. S. Smith (London, 1821) herausgegebenen Briefwechsel Band 2, S. 214 u. 375 nach.

Kenntnissen, von so reifem, überlegtem Urteil, daß wir ihm sicher trauen dürfen; man kann sich auch schwerlich vorstellen, Charles Darwins intimster Freund und Ratgeber, der einzige Vertraute des noch werdenden »Origin of Species«, sei durch Parteilichkeit für Linné geblendet; und er nun spricht sich kategorisch folgendermaßen aus: »Linné zeigt nacheinander, daß Brakteen, Kelch, Krone, Staubgefäße und Griffel, ein jedes metamorphosierte Blätter sind, und gibt für alle diese Metamorphosen viele Beispiele, die er sowohl aus monströsen Bildungen wie auch aus normalen Charakteren der betreffenden Organe entnimmt.« Nachdem Hooker noch des großen Brown Zeugnis angerufen und die Genauigkeit, das Geschick, den Erfindungsreichtum an Linnés Beobachtungen gepriesen hat, fährt er fort: »Einmal über das andere behauptet Linné von allen diesen Organen und von einem jeden im besonderen, sie seien Blätter . . . Man lasse die spekulativen Beigaben beiseite und man wird bei Linné keinen einzigen Irrtum finden, weder in der Beobachtung, noch im Urteil«[1]). Hooker bemerkt schließlich, er wolle Goethes Verdienste nicht leugnen, soweit er aber sehe, sei Goethe deduktiv zu Werke gegangen, Linné dagegen induktiv; ja, Linnés Beobachtungen über die Pflanzenmetamorphose bildeten sogar »ein Muster des induktiven Verfahrens«.

Aus alledem schöpfe ich die Überzeugung, daß Goethes Deduktion durch die vorangegangene Induktion des exakten Forschers angeregt worden ist und ohne sie nie möglich gewesen wäre. Und ich meine, die Kenntnis dieser Tatsache ist nicht nur für diesen einen Fall, sondern überhaupt für die Beurteilung der Geschichte der Wissenschaft und des Denkens von Bedeutung. Daß Goethe, in der Wechselwirkung zwischen seinem schöpferischen Auge und der unerschöpflichen Natur, im Laufe der Zeit eine neue Metamorphosenlehre schuf, eine Lehre, wie sie sein Wesen forderte, das ist wieder eine Sache für sich; im Jahre 1790 war er selber sich dessen nur halb bewußt. Und das, was er später unter Metamorphose verstand, die »esoterische Lehre« (wie er sie nennt) hat n Wahrheit kaum etwas gemein mit dem, was die wissenschaftliche Organographie auch heute bisweilen noch als »Metamorphose« bezeichnet[2]).

[1]) Vergl. Whewell: History of the inductive sciences, 3. ed., III, 551 ff.; von Hooker gegen Whewells frühere Unterschätzung Linnés als Berichtigung eingeschickt.

[2]) Vergl. Goebel: Organographie, § 1.

In verschiedenen neueren Goethe-Publikationen legt man großes Gewicht darauf, daß Linné die Evolution (im Sinne des 18. Jahrhunderts) gelehrt, Goethe dagegen zur Epigenesis geneigt habe, woran die Folgerung geknüpft wird, jener sei ein mittelalterlicher Scholastiker, dieser ein voranschreitender exakter Wissenschaftler gewesen. Mit dem Ausdruck »absurde Einschachtelungslehre« wird wie mit einem Popanz verfahren. Doch wer nicht in der Atmosphäre verpuffter Dogmen lebt, sondern in der klaren Luft strebenden Forschens, weiß, daß die Dinge gar nicht so einfach liegen. Man nehme ein anerkanntes standard work des heutigen Tages zur Hand, Wilsons »Cell in Development« und man wird sehen, daß Evolution und Epigenesis wieder wie vor 150 Jahren einander gegenüberstehen. Goethe selber, als sein Urteil gereift war, erkannte: »Evolution und Epigenesis scheinen Worte zu sein, mit denen wir uns hinhalten ... wenn wir keine Präformation denken mögen, so kommen wir auf eine Prädelineation, Prädetermination, auf ein Prästabilieren, und wie das alles heißen mag, was vorangehen müßte, bis wir etwas gewahr werden könnten« (7, 73). Die eigentliche Epigenesis, wie Caspar Fr. Wolff sie lehrte, ist längst endgültig abgetan; dagegen ist in Darwins Pangenesis und Weismanns Keimplasma die Evolution oder die Einschachtelungslehre in neuer Gestalt wieder aufgetreten. Wie Huxley schon vor Jahren sagte: »Was oberflächlich als Epigenesis erscheint, ist seinem Wesen nach Evolution in dem Sinne, in dem Bonnet sie in seinen späteren Schriften lehrt«; diese Ansicht hat sich seitdem immer mehr bestätigt [1]). So ist denn die alte Überzeugung so bedeutender Naturforscher wie Swammerdam, Malpighi, Leuwenhoeck, Haller, Linné usw. wieder zu Ehren gekommen, und Bonnet — über den jener Botaniker im Goethe-Jahrbuch spottet — wird selbst von Darwin mit Anerkennung genannt.

In dem Verhältnis Goethes zu Linné erfordert noch ein Punkt besondere Aufklärung; wer sich nicht gern bei Phrasen beruhigt, muß sonst stutzig werden.

Goethe redet nämlich immer so, als hätte Linné nichts weiter als eine Terminologie und ein künstliches Sexualsystem geschaffen, und erzählt von der »unbeschreiblichen Förderung«, die er (Goethe) von Hofrat Büttner in Jena erfahren habe, indem dieser Liebhaber »als Zeitgenosse Linnés, gegen diesen ausgezeichneten, die ganze

[1]) Evolution, Science and Culture.

Welt mit seinem Namen erfüllenden Mann, in stillem Wetteifer dessen System niemals angenommen, vielmehr sich bemüht habe, die Anordnung der Gewächse nach Familien zu bearbeiten usw.« (6, 109 ff.). Nun referiert aber Linné in seiner Philos. bot. ausführlich über alle Systeme — natürliche und künstliche — die je in der Wissenschaft eine wenn auch nur vorübergehende Bedeutung erlangt hatten, von Caesalpin im 16. Jahrhundert an. Und nicht allein widmet er mehrere Seiten seinem eigenen natürlichen System mit Aufzählung aller Familien und der meisten Gattungen, sondern wiederholt betont er: »Methodi naturalis fragmenta studiose inquirenda sunt. Primum et ultimum hoc in Botanicis desideratum est« (§ 77); »Methodus naturalis est ultimus finis Botanices« (§ 163) usw. Die flüchtigste Untersuchung überzeugt von dem bedeutenden Wert dieser Versuche Linnés, und wir besitzen von dem kompetentesten zeitgenössischen Richter, Bernard de Jussieu, einen Brief vom 15. Februar 1742, in welchem er sagt, erst Linné habe den Weg zu einer wahrhaft natürlichen Systematik gewiesen[1]). Daß sein Sexualsystem nur ein künstlicher Schlüssel, ein »filum ariadneum«, (§ 156) sei in Ermanglung eines hinreichenden natürlichen Systems, ist in der Phil. bot. deutlich zu lesen, und in den Gen. plant., sect. 9, steht ausdrücklich, es solle nur als »vorläufiger Notbehelf« dienen. Und da muß sich Goethe erst von dem guten Hofrat Büttner die »unbeschreibliche Förderung« holen? und muß wiederholt so feierlich umständliche Worte zur Abwehr des noch heute für Anfänger unentbehrlichen Linnéischen Schlüssels vorbringen?

Wir werden kaum fehlgehen, wenn wir vermuten, es sei nicht so sehr das der Absicht der sicheren Pflanzenbestimmung prächtig dienende Künstliche in Linnés Methoden als vielmehr das Exakte, was Goethe zuwider war. Nicht bloß die Mathematik, sondern alles Exakte überhaupt war ihm antipathisch. »Die Beobachtung des Einzelnen war niemals meine Stärke«, schreibt er (16. Aug. 1797) an Böttticher, und am folgenden Tag an Schiller: »Das Aufzählen eines Einzelnen ist mir nun einmal nicht gegeben.« Und so entdeckte er, gerade zur Zeit seiner intensivsten Beschäftigung mit den Pflanzen, einen

[1]) Loc. cit. II, 212. Einen Nachdruck von Linnés »Genera plantarum« hat Jussieu selbst in Paris, 1743, veranlaßt. Namentlich aus Linnés Briefwechsel mit Haller geht hervor, wie beständig die Fragen der natürlichen Systematik ihn beschäftigten und mit welchem bewundernswerten Scharfsinn er hier meistens das Richtige traf. (Für die Wertschätzung Linnés als natürlichen Systematikers seitens der heutigen Wissenschaft vergl. Wettstein: Hdb. der syst. Botanik I, 2.)

seiner »Kapitalfehler«: daß nämlich jede »schrittweise Ausführung« ihm »nojos und unerträglich« sei (Ital. Reise 20. Juli. 1787). Dieses schließt jede folgerechte Beschäftigung mit exakter Wissenschaft aus. Aus Goethes eigener Erzählung entnehmen wir auch mit ziemlicher Sicherheit, daß er nie imstande gewesen ist, selbständig eine Pflanze zu bestimmen. Den Apotheker Bucholz, den Naturalisten Batsch, Hofrat Büttner, Professor Loder, die Hofgärtner, alle hatte er zur Hand und alle waren natürlich stets bereit, dem vielvermögenden Minister gefällig zu sein; ging er auf Reisen, so nahm er den jungen Herboristen Dietrich mit, der »alle Namen wußte«; er selber versuchte zwar in seiner Karlsbader Muße zu analysieren, »doch ohne bedeutenden Erfolg« (6, 107). Und so wundern wir uns nicht, wenn Goethe seufzt: »Unauflösbar schien mir die Aufgabe, Genera mit Sicherheit zu bezeichnen« (6,117); gerade dies aber — die Gattungen mit Sicherheit zu bezeichnen — hatte der lynxäugige Linné schon in jungen Jahren als das mittlere Bedürfnis der Wissenschaft seiner Zeit erkannt, sollte sie jemals zu einem Überblick über die organische Natur gelangen können. Mit »natürlichen Systemen« waren die damaligen Naturforscher schnell bei der Hand, Familien und Ordnungen gab es so viel man wollte, »Arten« wurden zu Tausenden aus allen kleinsten Abweichungen geschaffen[1]); in diesem Chaos schwammen alte und neue Gattungsbegriffe hoffnungslos unbestimmt und unbestimmbar umher. Da trat Linné auf und erklärte (unter Anlehnung an Caesalpin): »Confusis generibus confundi omnia necesse est« (Phil. § 159). Falsch aufgestellte Klassen, meint er, richten keinen großen Schaden an; mit den Arten geht er selber ziemlich herrisch um, sie auf eine Mindestzahl zurückzuführen ist sein Hauptbestreben; Gattungen aber müssen der Natur streng konform sein (Brief an Haller vom 8. Juni 1737)[2]).

[1]) »Ex varietatibus quotidiana multiplicatio specierum pendebat, quae se, ut contagium, infinite propagavit«, klagt Linné (Amoen. acad., VI. 321).

[2]) Meiner Meinung nach wird der vielzitierte Satz: »Species tot sunt, quot diversas formas ab initio produxit Infinitum Ens« (Phil. bot. § 157) heute durchweg falsch gedeutet. Linnés Absicht war nicht, hiermit ein Dogma aufzustellen: was wir in unseren Büchern eine Art nennen, besteht seit Anfang der Welt; sondern er hat gegen die im vorangehenden Paragraphen genannten Maeandros Botanices und gegen die »Autophilorum rabies contagiosa« (§ 259) mit entscheidendem Nachdruck aussprechen wollen: wenn unter dem Einfluß verschiedener Standorte, Klimate, Atmosphärilien (siehe § 158) auch tiefgreifende Gestaltsänderungen vorkommen, so seid ihr nicht befugt, »Spezies« daraus zu machen, als wäret ihr der liebe Gott. Denn — und hier entdeckt man den sehr

Hier liegt der unverwüstliche Zeugungspunkt in Linnés erstaunlichen Leistungen für die Einverleibung der gesamten Tier- und Pflanzenwelt in das Inventarium unseres menschlichen Wissens. Gerade das, was einem Goethe »unauflösbar« erschien und wofür der Dichter allerdings fast rührend inkompetent war, das hat Linné ergriffen und geleistet. Blätternd in Linnés Büchern, hielt sich Goethe an die vielfach anregenden, vielfach anfechtbaren Nebensachen; manche seiner schönen Bemerkungen, zum Beispiel »Jedes Lebendige ist eine Mehrheit« (6, 10) oder »Die allerentferntesten Pflanzen haben eine ausgesprochene Verwandtschaft« (6, 121), lesen sich wie Transkriptionen aus dem System: »Vegetabile est vita multiplicata, coadunata« (§ 2) oder aus der Philosophia: »Plantae omnes utrinque affinitatem monstrant« (§ 77); für die Hauptleistung aber blieb er wenn auch nicht blind, doch unempfindlich. Er erkannte sie an, sie interessierte ihn aber nicht.

Wo Gemeinsamkeit gebietet und belebt, wie in dieser Festschrift, muß sich der einzelne zu beschränken wissen; darum breche ich ab.

Was hier für das Verhältnis zu Linné bruchstückweise angedeutet ist, läßt sich für Goethes gesamte wissenschaftliche Tätig-

---

gesunden wissenschaftlichen Kern jener zuerst im theologischen Geschmack der Zeit abgegebenen Sentenz »generatio est vera continuatio«, und da jene Abweichungen aus einer continuatio hervorgehen, da zum Beispiel die Gartenzucht erwiesenermaßen viele von ihnen versteht »et producere et reducere« (§ 162), so können sie nicht als von jeher bestehend betrachtet werden und sind darum als bloße Varietäten, nicht als Arten aufzufassen. Linné schrieb eben nicht für künftige darwinistische Feuilletonisten, sondern für die Auferrichtung einer jungen Wissenschaft, die zur Bewältigung des plötzlich aus allen Weltteilen massenhaft zuströmenden Materials ungenügend ausgerüstet war und im Durcheinander unterzugehen drohte, und er hat nicht, wie Goethe und unsere Goethe-Philologen erzählen, von einem autokratischen Throne aus Gesetze erlassen, sondern hat während des größeren Teiles seines Lebens allein gegen fast alle gekämpft, für Klarheit gegen Nebelhaftigkeit, für Ordnung gegen Chaos (Phil. § 156), für Wissenschaft gegen Dilettanterei; daher die Schärfe seiner Definitionen; gesiegt hat nicht seine Autorität, sondern die Richtigkeit seiner Gedanken. Wir haben Linné oben bereit gesehen, an eine »Transmutation« der Arten zu glauben, nur die Beobachtung und der Versuch überzeugten ihn in jenem Falle von seinem Irrtum. Zwanzig Jahre später fordert er zu Experimenten auf (für die er Südafrika als besonders günstigen Boden vorschlägt), um durch den Versuch festzustellen, ob nicht alle Arten mancher Gattungen aus einer einzigen Art hervorgegangen sein könnten, fügt aber gleich hinzu: »Si vero hoc experimentis fuerit confirmatum, nullas habebit amplius tenebras doctrina de Generibus plantarum . . .« (Amoen. acad., Diss. 116, § 10.)

keit nachweisen. Exakt und ausdauernd hat Goethe nur auf einem Gebiete gearbeitet: auf dem der Farbenlehre; hier hat er wirklich »Wissenschaft« gefördert, was man heute immer deutlicher einsieht; und dennoch springt gerade hier die Konfusion in die Augen, die aber an allen anderen Orten in Wahrheit genau dieselbe ist[1]). Wie Helmholtz in seiner ersten (und bei weitem bedeutenderen) Goethe-Rede sagt: hier handelt es sich um »einen tiefer liegenden prinzipiellen Gegensatz verschiedener Geistesrichtungen«[2]). Versuchen wir, diesen Gegensatz näher zu bestimmen, damit wir zugleich erfahren, was die exakte Wissenschaft von Goethe erhoffen darf und was nicht.

Empirisch ist das Verfahren beider — Goethes und der Wissenschaft; denn beide gehen von der Beobachtung der Natur aus und lehnen jegliche a priori-Erwägung ab. Goethe aber sucht Ideen, Ideen von solcher Leuchtkraft, daß die beobachteten Tatsachen gleichsam durchsichtig werden und auch das Verborgene an ihnen sich dem Auge unmittelbar offenbart; wogegen die Wissenschaft bestrebt ist, die Tatsachen unter Begriffe zu subsumieren, um desto leichter darüber nachzudenken und sie desto vollkommener dem kombinierenden Menschengeiste zu assimilieren. »Die Idee muß über dem Ganzen walten« (8, 11) sagt Goethe. »Eine Idee über Gegenstände der Erfahrung ist gleichsam ein Organ, dessen ich mich bediene, um diese zu fassen, um sie mir eigen zu machen« (Bf. an Sömmering, 28. August 1796). Von den physikalischen Erklärungen bemerkt Helmholtz, sie könnten »nie Objekt der sinnlichen Anschauung werden, sondern nur Objekt des begreifenden Verstandes« (Optik, 1867, S. 268); dagegen sind Goethes Ideen ganz platonisch, in dem Sinne, wie Hermann Cohen Platos ἰδέα definiert, als »lebendige Aktion des Schauens«[3]). Bildlich aus-

[1]) Vergl. namentlich Magnus: Goethe als Naturforscher, Leipzig 1906. Das Werk des Heidelberger Pharmakologen ist das beste, was wir bisher über den Gegenstand als Gesamtübersicht besitzen, wenngleich dieser erste Wurf noch tiefgreifender Umarbeitung bedarf, falls er bleibenden kritischen Wert gewinnen will. Um Mißdeutungen vorzubeugen, füge ich hinzu: exakt hat Goethe in der Osteologie gearbeitet, nicht aber ausdauernd, ausdauernd betrieb er seine mineralogisch-petrographischen Studien, nicht aber eingehend exakt.

[2]) Vorträge und Reden, 4. A., I, 34. In einem erst kürzlich veröffentlichten Fragment Goethes aus dem Jahre 1822 lesen wir: »Daß die Naturforscher nicht durchaus mit mir einig werden, ist bei der Stellung so verschiedener Denkweisen ganz natürlich« (13, 445).

[3]) Die platonische Ideenlehre, in der Zeitschrift für Völkerpsychologie, 1866, S. 440.

gedrückt: der Standpunkt unserer exakten Wissenschaft ist ein peripherischer; immer strebt sie über eine letzte Grenze hinaus; »leerer Raum und darin kontinuierliche Bewegung« ist ihr Ideal; sie ist gleichsam à cheval auf der Trennungslinie zwischen einer zwar im Tatsächlichen festgegründeten, doch möglichst abstrakten Empirie und einer möglichst an empirischen Inhalt angegliederten, exakten Abstraktion[1]). Goethes Standpunkt hingegen ist ein zentraler, ringsumher von konkreter, sinnenfälliger Tatsächlichkeit umgürtet, und die »exakte sinnliche Phantasie« (11, 75) ist es, die von diesem Mittelpunkt aus organisierend ausstrahlt; »Leben erst muß Leben geben«. Es ist der Gegensatz von Organisieren und Schematisieren, und darum sind die Einheiten in dem einen Falle Ideen, in dem anderen Begriffe. Beide Verfahren sind natürlich anthropomorph; wie sollte der Mensch dem entgehen können? Doch darf man wohl behaupten, daß Goethe, indem er naiv und gläubig die Natur betrachtet, selber reinere Natur bleibt, ihr also näher steht und sie insofern besser ver—steht (wenn auch nicht beherrscht), »mit klammernden Organen« sie, die Mutter, umfassend. Es liegt auf der Hand, daß infolge bestimmter religiöser und philosophischer Richtungen wir Europäer der Natur immer ferner gerückt waren; wir rückten ihr so fern, daß wir sie plötzlich als ein Fremdes uns gegenüber erblickten; so entstand die exakte Wissenschaft der Natur; ihre Leistungen liegen vor aller Augen, ihre fernere Bahn ist unbegrenzt, über ihre notwendige Methode, in der allein ihre Kraft wurzelt, konnte nicht einmal ein Goethe sie dauernd irreführen; nichtsdestoweniger birgt sie eine drohende Gefahr: die unüberbrückbare Naturentfremdung. Sie, die sich »Wissenschaft der Natur« nennt und auch ist, hat trotzdem die unabweisbare Tendenz, die sinnlich wahrgenommene Natur in lauter Schemen aufzulösen. Die organischen Wissenschaften gehen denselben Weg wie die unorganischen; die Botanik oder die Zoologie ist am letzten Ende nicht mehr und nicht weniger »beschreibende Wissenschaft« als die Physik oder die Chemie (vergl. Kirchhoffs berühmte Einl.); alle wissenschaftliche »Beschreibung« streift soweit tunlich das Lebendige des einzig lebenden Individuums ab; eine Wissenschaft des Lebens steuert notwendig — wir erfahren es täglich — auf die Leugnung des Lebens, also der einzigen uns unmittelbar gegebenen Tatsache;

[1]) Zur Illustration dessen, was ich hier anzudeuten versuche, darf ich vielleicht auf das schöne Buch von Prof. Stöhr hinweisen: »Philosophie der unbelebten Materie«, Leipzig 1907.

auch die Lebensphänomene müssen eben auf Formeln und zuletzt auf »kontinuierliche Bewegung im leeren Raum« zurückgeführt werden. Das muß sein, weil es in Wesen und Methode einer exakten Wissenschaft begründet liegt. Hier, wenn irgendwo, darf man sagen: sit ut est aut non sit. Wer sich dagegen empört, leistet nichts; Goethes Diatriben gegen die mathematische Physik sind in den Wind gesprochen. Doch was nicht übersehen werden darf, ist folgendes: die Einseitigkeit jener Wissenschaft, die heute einen wachsenden Bestandteil unseres geistigen Lebens ausmacht, läßt eine Ergänzung immer dringender erscheinen. Das unerwartete Wiederauflodern religiöser Schwärmerei und kindischen Aberglaubens ist ein Symptom der drohenden Gefahr. Kants Kopernikanische Tat der Erkenntniskritik hat die Unfruchtbarkeit aller rein metaphysischen Spekulation ein für allemal nachgewiesen, den Instinkt aller echten Naturforscher somit rechtfertigend; ohne Synthese aber und ohne ein Etwas, das ich als neue innige Anknüpfung an die Natur bezeichnen möchte, die als Jungbrunnen für Gemüt und Phantasie zu dienen hat, steuern wir ins Chaos und in ein an Kenntnissen reiches, an Ideen armes Greisentum. Was Goethe bietet, ist nun gerade diese Ergänzung der Wissenschaft — nicht ihr Gegenteil, sondern ihr Gegenstück, nicht ihre Verleugnung, sondern eine neue Methode, die im Interesse der Kultur unerläßliche, infolge der zunehmenden Stoffmenge immer dringender geforderte Synthese nicht mehr auf metaphysischem, sondern auf konkretem Wege herzustellen.

Zur genaueren Orientierung mögen zwei Worte Goethes dienen, die er in einen einzigen Satz eingeschlossen hat: das eine besagt, was er bei seinen Naturstudien erstrebe, sei »eigentlich die Welt des Auges«, das andere, daß er an Stelle der logischen Kausalitätsmethode »eine Art von Darstellung« gebe (an Schiller 15. Nov. 1796). Das Wort Auge steht hier symbolisch für Sinnentätigkeit überhaupt und bedeutet greifbar im Gegensatz zu abstrakt, sinnfällig im Gegensatz zu begrifflich, nacherschaffend plastisch [1]) und daher unmittelbar wahrnehmbar im Gegensatz zu nacktem Schematismus mit Koordinatensystem und Differentialgleichung als letzter Vervollkommnung; hier vielmehr jene »Darstellung« als Ziel, nämlich die Zusammenhänge und Vorgänge der Natur sichtbar gemacht

[1]) »Einbildungskraft und Natur scheinen hier miteinander zu wetteifern« (6, 395).

nach Analogie eines Kunstwerkes, welches unmittelbar ergreift, aufzeigt, belehrt, ungeahnte Beziehungen mit einem Schlage aufdeckt, die auseinanderreißende Zeitenfolge gleichsam aufhebt [1]). Daß hiermit etwas Positives geschaffen sei, eine tatsächliche Bereicherung und Kräftigung des Menschengeistes, dafür zeugt Humboldts Wort von den »neuen Organen«, und ein anderer exakter Naturforscher ersten Ranges, Johannes Müller, spricht begeistert von diesem »produktiven Einbilden«, wie er es nennt, von dieser »plastischen Imagination«, von dieser »aus dem Mittelpunkt der Organisation entworfenen Projektion« [2]).

Wollte man das Neue auch durch einen neuen Namen bezeichnen, was bisweilen zur Klärung der Vorstellungen beiträgt, so würde man vielleicht dieses eigentümliche Durchschauen der Natur, wodurch Goethe die Mannigfaltigkeit zu Einheit zaubert, im Gegensatz zur Metaphysik eine Diaphysik heißen.

[1]) So liebt es Goethe z. B. von einem »simultanen Werden« zu reden (10, 67) und betont: »In der Idee ist Simultanes und Successives innigst verbunden« (11, 57).

[2]) Über die phantastischen Gesichtserscheinungen, §§ 175, 186, 188.

Symbiose zwischen Oedogonium undulatum und Wasserjungferlarven

von

Paul Kammerer (Wien).

Mit einer Textfigur.

Eingelangt am 18. September 1907.

1. Einleitende Bemerkungen. — Beschreibung und Habitat des Symbiosefalles.

Die biologische Forschung hat uns mit einer ganzen Reihe von Fällen bekanntgemacht, in denen sich Algen mit Tieren vergesellschaften. Genauer studiert sind nur die Fälle von intrazellularer Algenexistenz, wie bei *Zoochlorella conductrix Brandt* im Entoderm des grünen Armpolypen (*Hydra viridis L.*) und ähnlichen, jetzt schon in namhafter Zahl bekanntgewordenen Vorkommnissen, wo namentlich Protozoen, Spongien und Turbellarier im Innern ihres Körpers einzellige Chlorophyceen beherbergen[1])*).

Es ist hauptsächlich der pflanzenphysiologischen Bearbeitung solcher Fälle zuzuschreiben, daß sie richtig als echte Symbiose, als Vergesellschaftung auf Grund wechselseitiger Vorteile, auch des Stoffwechsels erkannt worden sind, während bei den weniger zahlreichen zur Beobachtung gelangten Beispielen von extrazellularem Algenleben auf Tieren nur die aus einer derartigen Verbindung den Tieren erwachsenden Vor- oder Nachteile berücksichtigt worden sind; so gelten die Fälle extrazellularen Wachstums bis jetzt, wie das regelmäßige Vorkommen von Algen auf den Gehäusen lebender Schnecken, Schalen lebender Muscheln, Panzern lebender Krebse, lebender Schildkröten als Parasitismus, wobei im allgemeinen das Tier den Wirt, die Alge den Raumschmarotzer darstellt. Das Umgekehrte ist der Fall bei den merkwürdigen Pflanzerinnen und Pflegerinnen schön ausgemusterter Algengärten auf ihren Rückenpanzern, den Dreieckskrabben: die willkürliche Art und Weise, wie jene die

*) Die kleinen Ziffern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis.

Algenstücke packen, zurichten und auf den hierfür anscheinend besonders adaptierten Dornen und Höckern des Carapax befestigen, läßt hier nur die Annahme einer Ausnützung der Algen für Zwecke der Krabben aufkommen. Es ist auffällig, wie konstant bestimmte Spezies aufeinander angewiesen zu sein pflegen: beispielsweise beobachtete ich gewisse Vaucheriaceen nur auf den Gehäusen der Sumpfdeckelschnecke (*Vivipara vera v. Frauenf.*), andere ebenso auf denen der großen Tellerschnecke (*Planorbis corneus L.*) festsitzend[2]).

Einen derartigen Fall von extrazellularem und exosomatischem Vorkommen einer Alge auf einem Tier, welchen ich im Juli 1906 bei St. Margaretenbad (619 *m*, nahe Prachatitz, Böhmerwald) entdeckte, studierte ich experimentell etwas genauer, um die gegenseitigen Vorteile des, wie ich gleich vorgreifend sagen will, nicht parasitischen, sondern symbiotischen Gesellschaftsverhältnisses und womöglich auch die Genese des betreffenden Falles kennen zu lernen. Mehr von seiner zoologischen Seite aus habe ich ihn in einer Abhandlung beschrieben, die noch 1907 oder zu Beginn von 1908 im »Archiv für Entwicklungsmechanik« erscheinen wird[3]), hier möchte ich die Darstellung mit ausführlicherer Betonung ihrer botanischen Ergebnisse versuchen.

Die algenbewachsenen Libellenlarven — denn um solche handelt es sich — gehören samt und sonders der Art *Aeschna cyanea Müll.* an und wurden bisher von mir nur in einem einzigen Weiher, dessen besondere Eigenschaften wir gleich kennen lernen werden, aufgefunden. Alle hier vorhandenen *Aeschna*-Larven waren von einem dichten Rasen des *Oedogonium undulatum A. Br.* bedeckt, der auf dem Maximum seiner Entwicklung das Insekt wie mit einem grünen Mantel umhüllte, so seine Form vollständig verbergend. Die Algen sitzen mit Hilfe ihres haftscheibenartigen, gelappten Rhizoids auf dem chitinösen Integument der Larven auf, welches ihnen in Gestalt der scharfen Kanten an den Grenzen der einzelnen Körperringe sowie in den Seitenstacheln der vier letzten Abdominalsegmente besonders günstige Anheftungsstellen gewährt. Am stärksten ist die gesamte Oberseite der Larven vom Algenfilze bedeckt (siehe die Figur); die einzelnen Fäden erreichen hier eine Länge von 35 *mm*, während die größten beobachteten Larven 55 *mm* lang sind. Auf den Extremitäten, deren schreitende und bisweilen scharrende Bewegungen dem Haftenbleiben minder günstig sind, wird der Überzug schwächer, um auf der Unterseite, hier

Larve von *Aeschna cyanea* mit *Oedogonium undulatum* bewachsen, nat. Größe. (Zeichnung von Carola Nahowska.) Das Bild stellt ein Stadium bald nach einer Larvenhäutung vor; der Algenrasen hat seine volle Höhe noch nicht erreicht.

wegen des Lichtmangels und der Reibung gegen das Substrat, fast völlig zu verschwinden. Indessen nur die Augen und Mundwerkzeuge sind gänzlich algenfrei. An der Hinterleibspitze fällt ein Wachstumszentrum der Algen in der Umgebung des Afters auf, was mit der starken Düngung seitens der exkrementierenden Larve in ursächlichem Zusammenhange stehen dürfte. Da im Enddarm die Hauptatmungsorgane der Libellenlarve, die Darmkiemen, gelegen sind, wird jene der Alge gebotene Düngung sofort durch einen der Larve erwiesenen Gegendienst, starke Sauerstoffspendung gerade dieser Stelle, erwidert. An den algenbewachsenen *Aeschna*-Larven fällt noch besonders die durch den dicken Algenpolster darunter verursachte, gesträubte Stellung der Flügelstummel auf; außerdem scheinen die vielen Luftblasen (von den Algen sezernierter Sauerstoff), mit denen, wenn die Sonne darauf scheint, das lichtgrüne Algenkleid wie mit Perlenschnüren durchwirkt aussieht, einen auftreibenden Mechanismus darzustellen.

Neben den *Aeschna*-Larven kam noch eine Gattung von Libellenlarven, *Anax*, in dem betreffenden Weiher vor. Diese sind normalerweise grauschwarz oder -braun gefärbt. Hier jedoch fanden sich durchweg olivgrüne Exemplare. Leider habe ich damals nicht weiter darauf geachtet, bin aber jetzt durch einen analogen Fall, den Megušar[4]) an sonst braunen Larven des Stachelwasserkäfers *Hydrocharis caraboides L.* entdeckte und wo die grüne Färbung von ihm gezüchteter Exemplare von endosomatisch lebenden Chlorophyceen herrührt, zur Vermutung getrieben, daß es sich auch bei den *Anax*-Larven von St. Margaretenbad um etwas Ähnliches gehandelt hat. Es war mir seither nicht möglich, frisches Material aus der Gegend zu beschaffen.

Was die physiologischen Bedingungen des Fundgewässers anbelangt, so stellen sie sich folgendermaßen dar:

ein Wiesentümpel von nur etwa 2 m^2 Oberfläche und 50—55 *cm* Tiefe ist an den Wänden durch Mauersteine ausgeebnet. Ein schwacher Zu- und Abfluß sorgt für ständige, aber nur sehr allmähliche Wassererneuerung. Unterwasser- und Sumpfpflanzen sind in ihm so gut wie nicht vorhanden; von dem Ufer, auf welchem *Myosotis*, *Parnassia* sich in die sonstige Wiesenflora mischen und wo auch ein *Salix*-Strauch steht, hängen an einigen Stellen *Hypnum*-Polster über den Rand ins Wasser hinab. Im zeitigen Frühjahr gibt es auch festsitzende und schwimmende Algenwatten in dem Weiher, welche mit dem Vorrücken der Jahreszeit noch zu erörternden Gründen zufolge gänzlich aus ihm verschwinden — ausgenommen die auf den Libellenlarven wachsenden Rasen von *Oedogonium undulatum*.

Nicht reicher ist die Tierwelt des Beckens. Der Zufluß wird von Flohkrebsen (*Gammarus*) bewohnt, die durch die Strömung und auch freiwillig in den Weiher übertreten und dort einerseits aus derselben Ursache, der die nicht auf Libellenlarven angesiedelte Algenvegetation zum Opfer fällt, massenhaft absterben, anderseits den Libellenlarven beinahe als einziges Futter dienen. Außerdem leben im Weiher Bernsteinschnecken (*Succinea putris L.*) und Wanderschlammschnecken (*Limnaea peregra Drap.*); erstere halten sich überhaupt mehr über als unter dem Wasser auf, letztere kriechen, wenn das Wasser schädliche Substanzen aufnimmt, an den gemauerten Wänden einige Zentimeter über den Wasserspiegel empor, wo sie verharren, bis das Wasser wiederum eine einigermaßen erträgliche Beschaffenheit angenommen hat. Andere, sonst gewöhnlichste tierische Bewohner kleiner Süßwasseransammlungen fehlen dem Weiher.

Der Grund aber, weshalb sein Tier- und Pflanzenleben so arm ist und wodurch die angedeuteten, einem solchen feindlichen Substanzen ins Wasser geraten, die Ursache auch, durch welche, wie wir sehen werden, der in Rede stehende eigenartige Symbiosefall zustande gekommen sein dürfte, liegt in der Benützung des kleinen Bassins durch menschliche Hände. Es wurde bereits erwähnt, daß durch Ausmauerung seiner Wände der Verschlammung vorgebaut und eine gleichmäßige, im Vergleich zur geringen Flächenausdehnung bedeutende Tiefe erzielt ist; dies geschah, um ihn der Wäschespülung dienstbar zu machen, die seit einem oder zwei Jahrzehnten hier ausgeübt wird. Der damit verbundene, temporär sehr konzentrierte Seifengehalt, nicht minder aber das Aufwühlen, Aufklatschen des Wassers entzieht nun der Tier- und Pfanzenwelt

die Existenzmöglichkeit. Siedeln sich auch gewisse Formen, wie die Oedogonien, von Jahr zu Jahr vor Beginn der »Kursaison« neuerdings an, so ist ihnen doch bald wieder das Ende bereitet.

Wie es möglich war, daß gerade die Libellenlarven mit Hilfe der auf ihnen gedeihenden Algen und umgekehrt ausharren konnten, sollen die folgenden Blätter berichten.

2. Zustandekommen und Ablauf der Symbiose.

Es ist leicht, an Libellenlarven im Freileben oder im Aquarium zu beobachten, daß sie sich gern in Detritushaufen oder Algenwatten verbergen. Sie tun dies einerseits auf der Flucht, wenn sie durch einen vermeintlichen oder wirklichen Feind erschreckt wurden, aber auch in voller Ruhe, um aus einem solchen Versteck auf Beute zu lauern. Die geringe Schlammablagerung auf dem Boden des Wohngewässers der algenbewachsenen Larven kommt für das Hineinwühlen weniger in Betracht als die Algenbestände, wenn sie sich im Frühjahr in jenem Gewässer noch allgemeiner Verbreitung erfreuen. Sich in Algendickichte zu flüchten, und zwar mit besonderer Vehemenz, dazu gibt es mit dem Beginn der gedachten Benützung des Weihers vielen Anlaß.

Ich konnte nun in Versuchsgläsern, wo ich den Larven teils festgewachsene, teils freischwimmende Algenbüschel als einzige Versteckmöglichkeit darbot, beobachten, daß jenes Hindurchkriechen durch dieselben leicht zur Daueransiedlung der Alge führen kann.

Nur wenige Algenfäden pflegen von der Larve ausgerissen zu werden und auf ihr hängen zu bleiben, wenn sie durch Algenrasen kriecht, der auf einem Substrat festhaftet. Dabei gibt es wieder zwei Eventualitäten: entweder es wurde das Rhizoid der einzelnen Fäden unverletzt von der Unterlage losgelöst; dann heftet es sich, vorausgesetzt daß es noch wachstumsfähig ist, bald auf der neuen Unterlage fest. Oder das Rhizoid wurde abgerissen; dann regeneriert binnen 8—11 Tagen ein neues, welches zunächst einfacher gestaltet ist als das primäre, bald aber ebenfalls dessen verzweigte Lappenfortsätze erhält.

Ich möchte auf diesen Fall einer echten Regeneration, wie solche bei Pflanzen nicht allzu zahlreich bekannt sind, noch etwas näher eingehen. Daß es sich um echte Regeneration handelt und nicht um einen Wiederersatz des erlittenen Verlustes durch Adventivbildung, geht erstens daraus hervor, daß genau dieselbe

morphologische Einheit wieder erzeugt wird, welche abgetrennt wurde, zweitens, daß der Wiederersatz von der Wundfläche aus erfolgt, drittens, daß das neuerliche Wachstum von der ganzen Wundfläche aus in einheitlicher Weise seinen Ursprung nimmt, nicht aber auf ihr mehrere Wachstumszentren entstehen und die Bildung mehrerer Thallome (im vorliegenden Fall mehrerer Algenrhizoide) veranlassen. Auch alle übrigen Gesetzmäßigkeiten des typischen Regenerationsablaufes finden wir bei der Regeneration von *Oedogonium* wieder. Der Prozeß wird eingeleitet durch den Wundverschluß, der sich in zwei Phasen abspielt: der Bildung eines Gerinnungspfropfes, bei den Tieren aus Blut, hier aus Zellplasma in der Nachbarschaft des aufgerissenen Teiles der Zellmembran, ferner der Bildung eines Narbengewebes, hier einfach Restitution der Membran durch Wiedervereinigung ihrer getrennt gewesenen Ränder. Der Differenzierungsprozeß ist dann ein zentripetaler: zuerst wird in der Regenerationsknospe der distalste Teil, die Lappung des Rhizoides, ausdifferenziert, dann erst schieben sich zwischen ihn und den primären Stumpf des Algenfadens weitere neue Zellen ein. Das Regenerat steht senkrecht auf der Wundfläche (leicht zu beobachten bei den häufigen Fällen schiefen Durchreißens); es entsteht leicht und gleich in typischer Gestalt bei jungen, wachstumskräftigen, schwer und zuerst in hypotyper Gestalt bei den älteren, schon minder wachstumsfähigen Fäden; der Prozeß geht bei hoher Temperatur rascher vonstatten als bei niedriger. Ist das abgerissene Stück sehr kurz, so entsteht überhaupt kein neues Rhizoid, sondern ein spitzes fadenförmiges Ende von dem Bau eines freien Algenfadens, welches sich dann auch nicht mehr anzuheften vermag. Ein solches wird regenerativ auch auf dem beim Abreißen zurückgebliebenen Stumpf, falls dieser von seiner Unterlage nicht getrennt worden war, gebildet; ging hingegen ein kurzer Stumpf auch mit los, so erhält er außer seinem primären Rhizoid auf dem anderen Pol noch ein zweites. Demnach kommt es ganz wie bei gewissen niederen Tieren, z. B. Hydroidpolypen und Regenwürmern, zu Heteromorphosen, sobald der Algenfaden so nahe dem einen Pol abgetrennt wurde, daß nur die zur Gestaltung des betreffenden Polendes notwendigen Stoffe vorhanden sind; bei Fadenstücken aber, die ohnehin schon über ein Rhizoid verfügen, tritt dieses Verhalten nur dann ein, wenn das Stück vom Substrat losgelöst wurde [b]).

Zahlreichere Algenfäden pflegen auf der Larve hängen zu bleiben, wenn sie durch freischwimmende Algenwatten hindurch-

kriecht. Diese werden freilich bald wieder abgestreift, scheinbar ohne eine Spur zu hinterlassen; aber manche derartigen Libellen, welche isoliert wurden, bekamen nach Ablauf von 9—10 Tagen dennoch einen grünen Anflug, der sich zu einem dichten, wenngleich zu Beginn kurzen Rasen entfaltete. Sporen hatten auf dem neuen Substrat Halt gefunden, die eine Daueransiedlung gewährleisteten.

Die bisher berichteten, durch Versuche gestützten Beobachtungen führen zur Vermutung, daß der vorliegende Symbiosefall in unmittelbarer Anpassung an das Wäschespülen im Weiher zustande gekommen ist. Das Aufpeitschen des Wassers löst die Angst- und Fluchtbewegungen der Libellenlarven aus; so gelangen diese im Bestreben, sich zu bergen, häufiger und heftiger in Algendickichte, welche durch Ansiedlung junger Fäden oder Keimung ausgestreuter Sporen auf dem Libellenlarvenrücken einen neuen Nährboden finden, auf dem sie sich kraft seiner vorteilhaften Eigenschaften, die wir noch näher kennen lernen wollen, zu erhalten vermögen, während sie beim Vorrücken der Jahreszeit sonst überall zugrunde gehen.

Wie verhält sich der Algenbehang dem Abstreifen der oberen, abgenützten Integumentschichten gegenüber, wie es bei allen Insektenlarven periodisch wiederkehrt? Die Hauptmasse der grünen Fäden muß selbstredend dabei mit heruntergehen; es ist aber gesorgt, daß die Larve nicht lange ohne ihre Schutzhülle zu bleiben braucht. Bevor nämlich die Chitinhaut vollends abgeht, weist sie an der Grenze zwischen den einzelnen Abdominalplatten ansehnliche Risse auf, die den Algen Gelegenheit geben, zum Teil durch das alte Integument auf das darunter schon vorbereitete neue überzuwachsen.

So kommt es denn, daß die Libellenlarven, wenn sie die alte Haut und mit ihr den Hauptrasen abgeworfen haben, sofort oder binnen 1—2 Tagen wie mit einem grünen, im Sonnenlichte seidig schimmernden Reif betaut erscheinen, der schnell zum neuen Algenrasen emporschießt. Aber auch wenn das frischgehäutete Tier den grünen Reif noch nicht zeigt, sind Keime davon unter dem Mikroskop nachweisbar, sogar schon vor dem Abwerfen der rissig gewordenen Haut, indem man das Tier etwas vor der Zeit künstlich häutet (behutsames Aufschneiden der Chitinplatten mittels feiner Schere) und nun ein Stückchen darunter zum Vorschein kommenden, weichen Integuments mikroskopisch untersucht.

Ich brachte frisch gehäutete, scheinbar algenfreie Larven in

abgekochtes, dann durch Schütteln wieder lufthältig gemachtes Wasser, um ein Infizieren von seiten solcher Algenkeime, die in nicht sterilisiertem Wasser vorhanden sein mochten, zu verhindern; trotzdem war bald wieder der alte Zustand erreicht.

Ich brachte die algenbewachsenen Larven mit algenfreien zusammen, die einem anderen Gewässer entstammten (das Wohngewässer der ersteren enthielt keine anderen). Binnen 1—2 Wochen bedeckten sich auch die bis dahin der Algen entbehrenden Aeschna-Larven mit einem grünen Anflug, der schließlich zum Rasen emporwuchs. Verwandte Gattungen von Libellenlarven, so von Anax, Libellula, Calopteryx, die mit algenbewachsenen Aeschna-Larven zusammengesperrt wurden, blieben algenfrei.

Ist die für die Postembryonalentwicklung bestimmte Häutungszahl absolviert, so kriecht die Larve aus dem Wasser, und der jetzt zurückbleibenden Larvenhaut entschlüpft das Imago, die geflügelte Libelle. Leider habe ich diesen Vorgang, obwohl ich darauf achtete, bei veralgten Larven nie wahrnehmen können. Während die nicht veralgten, überwinterten Larven anderer Gewässer massenhaft ans Ufer oder an Sumpfpflanzen emporkrochen, um sich zu metamorphosieren, während ich hier die Verwandlung sowohl im Freien als auch im Aquarium tagtäglich sich abspielen sah, machte weder hier noch dort auch nur ein einziges, veralgtes Exemplar Anstalten, dasselbe zu tun. Obwohl hierdurch in meiner Untersuchung eine Lücke bestehen blieb, denn ich habe das Imago veralgter Larven, welches sich möglicherweise von einem aus algenlosen hervorgegangenen morphologisch irgendwie unterschieden hätte, nicht zu sehen bekommen, führt doch anderseits die Tatsache, daß so viele Exemplare über den für die Metamorphose bestimmten Termin hinaus die Larvengestalt beibehielten, zur Konstatierung einer interessanten Erscheinung, partieller Neotenie. Schon die auffallende Länge der größten algenbewachsenen Larven — 55 *mm* gegenüber höchstens 48—50 *mm* der normal verwandlungsreifen Larven — spricht dafür, daß von dem Zeitpunkte an, als die Verwandlung hätte erfolgen sollen, einige oder mindestens eine weitere Larvenhäutung eingeschoben worden sein muß. Totale Neotenie würde dann zu konstatieren sein, wenn die Larven als solche auch geschlechtsreif würden, ein Punkt, bis zu welchem ich die Lebensbeobachtung der Larven nicht verfolgen konnte. Neotenieversuche an normalen, nicht bealgten Larven, die ich nach meiner Rückkehr nach Wien vornahm und wobei ich die Larven allen

mir besonders von den Amphibien her bekannten [6]), die Metamorphose verzögernden Faktoren aussetzte (Dunkelheit, Kälte, Luftreichtum, große Quantität und Ruhe des Wassers, intensive Nahrungszufuhr nach vorausgegangener knapper Ernährung, auszuheilende Verletzungen) widersprachen der Vermutung nicht, daß es bei Libellen- und anderen Insektenlarven zu partieller Neotenie überhaupt kommen könne. Es ist beachtenswert, daß ein großer Teil der Neotenie verschuldenden Faktoren im allgemein biologischen Sinn günstig genannt werden muß; manche davon, z. B. am meisten der Reichtum an Sauerstoff im Atemmedium, werden nun den Libellenlarven, wenn sie Algen tragen, in hohem Grade zuteil.

Was das Verhalten der Algen betrifft, die auf den abgestreiften Häutungen mit abgegangen sind, so ist folgendes darüber zu berichten: einige Tage bleiben sie noch auf den Häuten haften, dann lösen sie sich los und bilden kleine schwebende Watten. Das Intervall zwischen je zwei Häutungsperioden genügt *Oedogonium undulatum* gerade zur Absolvierung seiner festsitzend verbrachten Jugendepoche. Während bis zum Freiwerden in den Watten ausschließlich vegetative Vermehrung stattfand (ein deutliches Zeichen für ihr Wohlergehen), tritt von dem Momente des Selbständigwerdens an reichliche Befruchtung ein.

Auffallend ist es, wie rasch sowohl abgestreifte Häute als auch zugrundegegangene, bealgte Larven gänzlicher Mazeration anheimfallen. Trotzdem sich die Algen von ersteren nach ein paar Tagen trennen, sind nach 5 Wochen nur noch kleine Chitinfetzen von ihnen vorhanden, während Häute algenloser Larven nach dieser Frist noch unverändert im Wasser schwimmen. In je ein Versuchsglas wurden ferner algenbewachsene und nicht algenbewachsene Kadaver hineingelegt. Nach 10 Tagen waren letztere aufgequollen, aber sonst nicht verändert, obwohl das Wasser starken Verwesungsgeruch aufwies. Die Kadaver mit Algen dagegen waren nach 10 Tagen schon in gröbere Stücke zerfallen. Alle Teile dieser Bruchstücke waren von wucherndem Rasen des *Oedogonium* bedeckt, der Fäulnisgeruch minimal.

3. Reinkultur der Symbionten und andere Versuche zur Ermittlung ihrer gegenseitig dargebotenen Vorteile.

Da die Versuche fern vom Laboratorium mit primitiven Hilfsmitteln vorgenommen werden mußten, blieben sie in mancherlei Beziehung hinter ihrem Ziel zurück. Doch ist es gelungen, wenn

nicht in gradueller Exaktheit, so doch prinzipieller Klarheit die wichtigsten Wechselbeziehungen aufzudecken. Die Technik und genauere quantitative Daten der Versuche, namentlich Anzahl der verwendeten Exemplare, Zeitdaten u. dgl. wolle man in meiner zoologischen Abhandlung[3]) nachlesen; hier muß ich mich auf ein Resümee beschränken.

Ein Kohlensäureversuch ergab, daß algenbewachsene Larven die CO_2-Atmosphäre besser vertragen als algenlose. Das Resultat stimmt bestens überein mit einem analogen von Hadži[7]) an algenfreien *Hydra fusca* und algenhältigen *Hydra viridis*. Übermäßig starke Besetzung der Versuchsbehälter ergab gleichfalls Überleben bealgter Larven gegenüber raschem Absterben der algenfreien. Wurden im 3 *l* haltenden Versuchsglase 12 algenbewachsene Larven untergebracht, im ebensogroßen Kontrollglase 12 algenfreie, jedoch in einer Serie mit beliebigen Wasserpflanzen (*Callitriche*, *Lemna*, *Fontinalis*), in einer zweiten Serie mit *Oedogonium capillare Ktz.*, der dem symbiotischen *Oedogonium undulatum* nahe verwandten Alge, so blieb das Resultat qualitativ das gleiche, quantitativ mit Verschiebung zugunsten der Kontrollarven. Die Algen blieben in diesen Versuchen ganz frisch.

Bezüglich des durch Abfallstoffe verunreinigten Wassers ist das Resultat widersprechend einem analogen Versuche von Hadži[7]) mit *Hydra*. Der Widerspruch findet aber darin seine Lösung, daß hier die Algen intrazellular, dort extrazellular leben. In beiden Fällen sind zwar ihre Träger, wie Engelmann[8]) sagt, »an größere Sauerstoffmengen angepaßt«, durch die Tätigkeit der Algen diesbezüglich verwöhnt, dort aber ist es der Tierkörper, welcher zuerst von der Schädigung getroffen wird und diese auf die dann ebenfalls darunter leidenden Algen überträgt, hier der Pflanzenkörper, welcher das Tier von einer sauerstoffgesättigten Sphäre umgibt und die Schädigung hierdurch von ihm abhält.

Mit Rücksicht auf die Vermutung, daß das Wäschespülen zur Genesis der Symbiose in ursächlicher Beziehung stehe, wurde ein weiterer Parallelversuch mit Seifenwasser unternommen. Die Hälfte der veralgten Versuchslarven trotzte dauernd ziemlich starkem Seifengehalt.

Ein seichter Tümpel bei St. Margaretenbad war im Begriffe auszutrocknen, wobei seine Bevölkerung sich auf minimales Wasservolum zusammengepfercht fand. Nahezu alle, welcher Klasse sie auch angehören mochten, waren von einem Saprolegniaceen-

filz bedeckt: so auch die dort vorhandenen Libellenlarven. Je drei davon wurden zu drei algenbewachsenen Larven in das eine, zu drei algenlosen in das andere Glas getan. Am neunten Versuchsmorgen erschienen alle sechs algenlosen Exemplare von dem charakteristischen weißlichen Flaume der Sporenträger überzogen, die drei bealgten Larven aber blieben gesund.

Bei Dunkelversuchen in einer Serie unter gewöhnlicher Versuchstemperatur (16 bis 20° C), in einer anderen Serie unter fließendem Wasser von 11 bis 12° C gingen die Algen binnen vier, beziehungsweise sechs Tagen zugrunde. Während die Larven sich im fließenden Wasser trotzdem zu erhalten vermochten, wurden sie im stehenden, warmen Wasser rascher dahingerafft als die normalen. Die Umkehrung der im Lichte geltenden Verhältnisse wurde verschärft, wenn man den verfinsterten Gläsern alle jene Schädlichkeiten (Kohlendioxyd, Fäkalien, Seife) beigab, welche die algenbewachsenen Larven bei reger Assimilation ihrer Symbionten besser überstanden hatten als die algenlosen.

Während des Bahntransports aus Böhmen nach Wien stießen sich die Tiere einen großen Teil ihres Algenbehanges ab. Ich reinigte sie davon vollends und hielt sie zugleich mit einer entsprechenden, in einem zweiten Glase untergebrachten Anzahl schon primär algenfrei gewesener Larven der Reihe nach unter den Bedingungen, wie sie die bisher referierten Versuche angeben. Mit dem Verluste der symbiotischen Algen hatten die Larven ihre große Widerstandsfähigkeit eingebüßt und es verhielten sich nun Versuchs- und Kontrollarven im allgemeinen gleich. Was aber den Kohlensäure- und den Schmutzwasserversuch anlangt, so stellte sich sogar eine Minderwertigkeit vorher bealgt gewesener Larven heraus, die also tatsächlich an höheren Sauerstoffgehalt gewöhnt waren, daher schädlichen Einflüssen jetzt um fast ebensoviel rascher unterlagen, als sie ihnen früher länger getrotzt hatten.

Um die symbiotischen Oedogonien rein zu ziehen, wurden junge Fäden davon unter der Präparierlupe und Anwendung einer lanzettartig zugeschärften Nadel von ihrem Substrat abgelöst, ihr Rhizoid auf andere Substrate, welche erfahrungsgemäß der Algenbesiedlung günstig sind (rauhe Steine, morsches Holz, frische Wasserpflanzen) durch Andrücken befestigt. Allein weder auf anorganischer noch vegetabilischer Unterlage wollte es gelingen. In solcher Weise vorzeitig zum Freiflottieren gebrachte Fäden zeigten anfangs Fortschreiten der Zellteilungen, aber relativ kurze Lebens-

dauer. Besser hielten sich die Algen auf tierischem Substrat: auf einem toten Regenwurm, Krusten des Süßwasserschwammes gelang die Festheftung für 4 - 6 Tage. Am besten aber gediehen die Algen auf zerriebenen Libellenlarven, wobei es keinen Unterschied machte, ob ich das chitinöse Integument mit verarbeitet oder vorher abpräpariert hatte. Symbiotisches *Oedogonium undulatum* ist demnach in seiner Existenz in hohem Grade auf die Libellenlarven angewiesen. Die Anpassung geht zwar nicht so weit, wie bei den intrazellular lebenden Zoochlorellen [Haberlandt[9]), Beijerinck[10]), Brandt[11]), Famintzin[12]), Hadži[7])], aber immerhin weit genug, um ihre Reinkultur schwierig zu gestalten.

Ich führte schließlich noch eine Experimentenreihe aus, in der ich den Algen fremde tierische Symbionten und den Libellenlarven fremde Algenspezies als Symbionten aufzuzwingen gedachte. Ein Teil dieser künstlichen Infektionen gelang ganz gut, doch stets so, daß der speziell für einander geeignete symbiotische Charakter von *Oedogonium undulatum* und *Aeschna cyanea* unverkennbar blieb. Nur auf Larven der letzgenannten Libellenart fanden sie dauernd Halt und Gedeihen, während der Rasen auf *Anax*, *Calopteryx* und *Libellula* ohne besonderen Unterschied in der Lebensdauer nur geringere Ausdehnung gewann, auf Schwimmkäferlarven nach 8—9 Tagen ziemlich energischer vegetativer Vermehrung sich wieder loslöste. Und nur *Oedogonium undulatum* brachte es dauernd zu üppiger, gesunder Kultur, während *Oedogonium capillare* zwar auch einigermaßen fortkam, *Spirogyra*, *Cladophora*, *Vaucheria* hingegen, auch solche Formen, die mit Vorliebe auf tierischem Substrat, Schnecken- und Muschelschalen, Krebspanzern wachsen, sich weder auf *Aeschna*- noch auf anderen Libellen- und Schwimmkäferlarven halten ließen, sondern sich sofort wieder von den ihnen zugedachten Symbionten trennten. Als Methode der Übertragung bediente ich mich der schon beschriebenen Transplantation mit Hilfe der Lanzettnadel, teilweise ließ ich auch die Larven einfach durch Watten der betreffenden Algenart durchkriechen, welche Form der Pflanzung ebenfalls schon (im 2. Abschnitt, über Zustandekommen und Ablauf der Symbiose) besprochen wurde.

Wir können nun die einzelnen Punkte des reziproken Nutzverhältnisses von *Aeschna cyanea* und *Oedogonium undulatum* bestimmen. Einige wurden im bisherigen Verlaufe der Darstellung schon angedeutet:

a) **Vorteile auf seiten der Libellenlarve**: 1. Förderung der Respiration, welche selbst dann aufrecht erhalten werden

kann, wenn CO_2 und NH_3 und andere giftige Beimengungen es unter gewöhnlichen Umständen unmöglich machen. Der After als Mündung des Darmes, in welchem die Tracheenkiemen verborgen sind und vermöge der durch die Peristaltik betriebenen Pumpbewegungen mit dem Außenwasser in Verbindung stehen, ist von besonders reichem Algenwuchs umgeben, hier auf dem ventralwärts gelegenen Umkreis sogar der Abscheuerung trotzend. — 2. Abhaltung von Ektoparasiten, besonders der Saprolegnien, aber auch animalischer Schmarotzer aus den Klassen der Nematoden und Flagellaten, die eine so intensive Oxygenatmosphäre nicht vertragen. — 3. Maskieren der Körperform zum Schutze vor Feinden und besserem Beschleichen der Beute.

b) **Vorteile auf seiten der Alge**: 1. Förderung der Assimilation, welche durch die hier obwaltende innige Verbindung weit über das Niveau des allbekannten Wechselverhältnisses zwischen jener und tierischer Respiration erhoben erscheint. Außerdem dürften die Algen noch aus der Beweglichkeit ihrer Larven für die Ernährung Vorteil ziehen. Ähnlich wie dies mit der auf Einsiedlerkrebsgehäusen sitzenden Aktinie der Fall ist, schleppen die Larven ihre Symbionten in immer neues Nährmedium und führen ihnen, abgesehen von den eigenen Exkrementen, noch dadurch wertvollen Dünger zu, daß sie gern durch lose Detritushäufchen kriechen oder sich platt an die Unterlage drücken und mit den Beinen seitlich schaufelnde Bewegungen ausführen, um sich womöglich in den weichen Boden zu verscharren. — 2. Darbietung bequemer Anheftungspunkte auf den Rauhigkeiten des Chitins. — 3. Schutz vor Feinden, Algenfressern nämlich, denen der Rasen unzugänglich wird, solange er auf dem Leibe einer lebendigen Libellenlarve wächst, es sei denn, daß diese selbst mit überwältigt werde. Aber außer von großen Raubfischen und Fröschen werden die wehrhaften, bösartigen und gepanzerten Libellenlarven von den Bewohnern des Süßwassers gefürchtet. Ja es mag vorkommen, daß die Larven durch Vermittlung ihrer Algen selbst Beute machen, diese ihnen also gewissermaßen statt eines Köders dienen, wenn eine Schnecke oder Kaulquappe am Rasen des ruhig dasitzenden, darum nicht als solches erkennbaren Insekts zu weiden anfängt. In einem Gewässer, wo, wie in unserem Falle, keine sonstige Vegetation vorhanden ist, wohl aber zahlreiche Schnecken, wird ein derartiges Vorkommnis um so wahrscheinlicher.

(Aus der Biologischen Versuchsanstalt in Wien.)

4. Literaturnachweise.

[1]) Vgl. folgende 4 Zusammenstellungen: Géza Entz, »Das Konsortialverhältnis von Algen und Tieren«. Biol. Zentralbl. II. Bd., Nr. 15, pag. 451—464. — Oskar Hertwig, »Die Symbiose oder das Genossenschaftsleben im Tierreich«. Vortrag Naturforscherv. Freiburg i. B., Jena 1883. — W. Schwarze, »Beiträge zur Kenntnis der Symbiose im Tierreich«. 68. Jahresbericht des Realgymnasiums des Johanneums zu Hamburg, 1902. — L. v. Graff, »Das Schmarotzertum im Tierreich und seine Bedeutung für die Artbildung«. Leipzig 1907. (»Wiss. u. Bild.« Bd. V.)

[2]) Über epizoische Algen siehe die zusammenfassende Darstellung bei Friedr. Oltmanns, »Morphol. und Biol. der Algen«, II. Bd., Jena 1905, Kap. 9, pag. 304—337, Literatur 335.

[3]) Kammerer P., »Symbiose zwischen Libellenlarve und Fadenalge«. Arch. f. Entw.-Mech., Bd. XXV, Heft 1/2, 1907 oder anfangs 1908 (beim Niederschreiben dieses Nachweises noch nicht erschienen).

[4]) Megušar Franz, »Die Regeneration der Koleopteren«. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. XXV, Heft 1/2, 1907 oder 1908 (beim Niederschreiben dieses Nachweises noch nicht erschienen).

[5]) Literatur bei Küster, »Pathol. Pflanzenanatomie«. Jena, Fischer 1903.

[6]) Kammerer P. im Arch. f. Entw.-Mech. XVII, 2/3, 1904, pag. 214, 240; XIX, 2, 1905, pag. 176—178; XXII, 1/2, 1906, pag. 75 ff., 120 ff.

[7]) Hadži Jovan, »Vorversuche zur Biologie von *Hydra*«. Arch. f. Entw.-Mech. XXII., pag. 38—47, 7 Fig., 1906.

[8]) Engelmann, Th. W., »Über das tierische Chlorophyll«. Arch. f. d. ges. Physiol. 1883.

[9]) Haberlandt G., »Über den Bau und die Organisation der Chlorophyllzellen von *Convoluta Roscoffensis*«. Als Anhang zu: L. v. Graff, »Organisation der *Turbellaria acoela*«. Leipzig 1891.

[10]) Beijerinck M. W., »Kulturversuche mit Zoochlorellen, Lichenengonidien und anderen niederen Algen«. Bot. Ztg. 1890.

[11]) Brandt K., im Biol. Zentralbl. 1881/82, Arch. f. Anat. und Physiol. 1882/83, Mitt. aus der zool. Station zu Neapel IV, 1883.

[12]) Famintzin A., »Beitrag zur Symbiose von Algen und Tieren«. Mém. de l'Acad. imp. de St. Pétersbourg. S. III, T. 38, 1891.

Studien über das Gummiferment

von

Viktor Grafe (Wien).

Eingelangt am 23. September 1907.

Die Forschungen der letzten Jahre haben uns für fast alle chemischen Leistungen im Organismus Enzyme oder Enzymgruppen kennen gelehrt und wir sind heute überhaupt geneigt, den Enzymen die fundamentalste Rolle bei der chemischen Lebensarbeit zuzuschreiben, fehlt es ja in neuester Zeit nicht an Versuchen, Atmung und Assimilation auf Fermentwirkung zu beziehen. Wir wissen heute, daß Enzyme abbauend, aufbauend, umwandelnd tätig sind, daß z. B. bei der Mobilisierung von Reservestoffen Lipasen fettspaltend, Cytasen den Reservezellulosen gegenüber hydratisierend wirken. Es ist deswegen eine durchaus plausible Vorstellung, daß Enzyme bei jenen Umbildungen mitwirken, bei denen Gummi und Schleime aus Substanzen der Zellmembranen entstehen[1]). Zuerst hat Wiesner[2]) derartige Anschauungen vertreten, welcher auf ein diastatisches Ferment aufmerksam machte, dem die genannten Umwandlungen zuzuschreiben sein dürften. Gerade die Resultate der Forschungen von Gilson und E. Schulze bezüglich der Hemizellulosen, welche durch Fermentwirkung leicht verarbeitet werden, einerseits und der Nachweis, daß Pentosane, die am Aufbau der Zellwandkohlehydrate so wichtigen Anteil nehmen, wie Xylan, Araban etc., in Schleimen und Gummen allgemein zu finden sind, anderseits stützen die Wiesnerschen Anschauungen, welche lange vorher geltend gemacht worden waren[3]). Wiesner hatte gezeigt, daß in

[1]) F. Czapek, Biochemie der Pflanzen, I, pag. 556.

[2]) Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss., Wien, Bd. XCII, pag. 40 (1885).

[3]) Daß diese Anschauung nicht vereinzelt dasteht, beweist mir eine Arbeit, von J. Grüss, mit der ich leider erst nach Abschluß des Manuskripts durch die Abhandlung von W. Ruhland: »Zur Physiologie der Gummibildung bei

Gummilösungen eine Substanz nachzuweisen ist, die Guajakharzlösung bläut wie ein Ferment, die den Gummilösungen so wie gewisse Eiweißkörper die Fähigkeit des Schäumens verleiht, die durch Erhitzen der Gummilösung unwirksam gemacht wird und welche schließlich die merkwürdige Eigenschaft besitzt, Stärkekleister bis zu Dextrin zu verarbeiten ohne Traubenzucker daraus zu produzieren. Später entschieden sich auch Lutz[1]) und Garros[2]) für die Annahme eines solchen Ferments. Wiesners Folgerungen blieben übrigens nicht unwidersprochen. F. Reinitzer[3]) bemühte sich Wiesners Folgerungen zu widerlegen, ohne jedoch in seiner Arbeit stichhaltige Gegenargumente gegen Wiesners Anschauungen vorbringen zu können. Da ich mich in letzter Zeit mit der betreffenden Frage beschäftigt habe, möchte ich zunächst auf die letztgenannte Arbeit eingehen. Reinitzer bemängelt vor allem

den Amygdaleen«, Ber. d. d. bot. Ges., Bd. XV, H. 6 (1907), pag. 302, bekannt wurde. (J. Grüss: »Über Lösung und Bildung der aus Hemizellulosen bestehenden Zellwände und ihre Beziehung zur Gummosis«, Bibl. bot. Heft 39, Stuttgart 1896.) Grüss geht vom Traganthgummi aus und findet, daß bei *Acacia*, *Astragalus* etc. eine Lamelle aus Hemizellulose als Membranverdickung fungiere, die beim Austreiben der Bäume durch diastatische Fermente in Hemmizellulosegummis umgewandelt wird, die entweder als solche auswandern können oder durch weitere Fermentwirkung in Zucker übergehen. Namentlich durch Oxydation könne eine Veränderung dieser Hemizellulosegummen erfolgen, derart, daß sie nicht weiter verwendet werden, sondern als Exkrete gelten können. Dabei wirken Sauerstoffüberträger mit und gerade das stimmt mit der unten erwähnten Doppeleigenschaft des »Gummiferments«, gleichzeitig amylolytische und oxydierende Eigenschaften zu zeigen, überein. Es ist sehr wohl möglich, daß das Gummiferment« aus Oxydasen und diastatischen Fermenten besteht, welche aus der Zelle mit in das Exkret gegangen sind. Je nach dem gegenseitigen Mengenverhältnis würde sich auch die verschiedenartige Wirkung verschiedener Gummen erklären, das Ausbleiben der amylolytischen Reaktion bei gleichzeitigem Eintritt der Oxydationswirkung etc. Ruhland bestreitet allerdings die Grüsschen Ausführungen bezüglich der Hemizellulosemembran, aber auch er konstatiert die wichtige Tatsache, daß beim Gummifikationsprozeß die eigentlich zur Querwandbildung der sich sonst teilenden Zelle bestimmten, allerdings unbekannten Kohlehydrate in Gummi übergehen. Zu derselben Ansicht kommt auf Grund anatomischer Beobachtungen Mikosch (»Untersuchungen über die Entstehung des Kirschgummis«, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss., Wien, Bd. CXV, 1906, pag. 911—961).

[1]) Contrib. à l'étude chimique et botanique des gommes (Thèse de Paris 1895), zit. n. Wiesner: »Rohstoffe des Pflanzenreiches«, II. Aufl., Bd. I, pag. 73.

[2]) Bull. soc. chim. (3), Tome VII, pag. 625 (1892).

[3]) F. Reinitzer, »Über die wahre Natur des Gummiferments«, Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. XIV, pag. 453 (1890).

die Annahme, daß ein einziges Ferment aus Zellulose so ganz verschiedene Gummi- und Schleimarten erzeugen soll. Darauf ist zu entgegnen, daß diese Körper chemisch — soweit man sie überhaupt näher untersuchen konnte — gar nicht so verschieden sind. Die Gummen geben alle bei der Hydrolyse Arabinose (oder die isomere Xylose) und Galaktose, ferner die untereinander isomeren Gummisäuren. Cerasin zeigt, von den gebundenen Basen befreit, große Ähnlichkeit mit einer unlöslichen Modifikation des Arabins, der Metarabinsäure, welche ebenso wie Cerasin selbst leicht in lösliches Arabin umgewandelt wird. Durch Einwirkung von Salpetersäure entsteht Schleimsäure etc. Ganz ähnlich bezüglich der Hydratationskohlehydrate verhalten sich Schleime und Pektine. Daß dabei je nach Art der Aneinanderlagerung dieser Kohlehydrate, je nach ihrem gegenseitigen Mengenverhältnis und schließlich je nach Maßgabe von begleitenden Stoffen anderer Art wie Gerbstoffe, Zucker, Farbstoffe etc., die aus nebenherlaufenden Prozessen herrühren, verschieden charakterisierte Substanzen entstehen, ist selbstverständlich. Übrigens ist bei der gewiß sehr komplizierten Genese dieser Umwandlungsprodukte aus Zellwandbestandteilen durchaus nicht gesagt, daß das Gummiferment ein einheitlich wirkendes Enzym vorstellt, sondern es mag sich in dem Endresultat sehr wohl die Wirkung einer ganzen Reihe von Fermenten ausprägen von denen jedes eine spezifisch verschiedene Tätigkeit hat, so wie wir ja auch in neuerer Zeit gelernt haben, in der Zerlegung der Stärke zu Glykose durch die Diastase die kombinierte Arbeit mehrerer Enzyme zu sehen. Der Typus des Gummiferments zeigt eben als charakteristische Eigenschaften oxydierende und gleichzeitig amylolytische Wirkung, wobei sich erstere in der Bläuung von Guajaktinktur und Oxydation von Pyrogallol zu Purpurogallin, letztere durch Verflüssigung von Stärkekleister äußert, Eigenschaften, die Wiesner gerade studiert hat. Ebenso hinfällig ist der Einwand, daß es ja nicht gelingt, Zellulose durch das Ferment in Gummi zu verwandeln. Die vorerwähnten Forschungen haben uns Polysaccharide unter den echten Gerüstsubstanzen kennen gelehrt, welche im Lebensprozeß der enzymatischen Hydratisierung unterworfen sind. Auch die Stärkezellulose ist zweifellos ein solches Zwischenglied, was die schwerere oder leichtere Spaltung anbelangt. Es ist gerade interessant, daß der Prozeß der Umwandlung der Stärkezellulose in Granulose, welcher bekanntlich sonst nur bei Behandlung mit Alkalilauge und nachfolgendes Kochen bewirkt

wird, durch das Ferment schon in ganz kurzer Zeit sich vollzieht. Wir kennen jetzt also genau die Wirkungssphäre des Gummiferments. Zellulose gegenüber noch nicht wirksam, vermag es hemizelluloseartige Körper und Stärke bis zu Dextrin abzubauen, nicht aber weiter zu Monosacchariden. Das letztere ist durch meine später zu besprechenden Versuche sichergestellt, bezüglich des ersteren möchte ich mich heute noch nicht bestimmt äußern, da die entsprechenden Versuche mit typischen Hemizellulosen, welche allerdings die geäußerte Anschauung bis jetzt stützen, noch nicht abgeschlossen sind. Reinitzer bemängelt ferner die aus den Wiesnerschen Experimenten hervorgehende Tatsache, daß durch die Tätigkeit des Gummiferments kein Zucker gebildet werde, sondern der Abbau der Stärke nur bis zu Dextrin fortschreite, und stützt sich bei seinen gegenteiligen Beobachtungen, welche stets die Gegenwart eines Fehlingsche Lösung reduzierenden Körpers ergeben, auf den Umstand, daß Gummi ja an und für sich schon kleine Mengen Zucker enthalte. Er unterzog eine ganze Reihe von Gummiarten daraufhin der Untersuchung, fand überall das Vorhandensein von Zucker und behauptete nun, diese wichtige Tatsache müsse Wiesner durch einen Versuchsfehler entgangen sein. Dabei hat aber Reinitzer übersehen, daß diese von ihm neuerdings konstatierte Tatsache Wiesner offenbar schon früher bekannt gewesen ist, denn schon in der ersten Auflage seiner »Rohstoffe des Pflanzenreiches«, also vor der Entdeckung des Gummiferments, gibt Wiesner den Zuckergehalt der Gummen an [1]).

Es wäre infolgedessen richtiger gewesen anzunehmen, daß der verwendete Gummi vorher von Zucker befreit worden war, was so selbstverständlich ist, daß es in Wiesners Publikation nicht eigens Erwähnung fand [2]). Was nun den Einwand betrifft, die Reichlsche Probe mit Orcinsalzsäure zeige im Gummi nicht das Ferment, sondern die Kohlehydrate an, so besteht derselbe wohl zweifellos zu Recht, denn man kann bei dem Gehalt des Gummi an Pentosanen nicht annehmen, der positive Ausfall der freilich sehr empfindlichen Probe rühre von den aus dem Eiweiß des Ferments abgespaltenen Kohlehydratgruppen her. Dieser Einwand ist aber nur bei jenen Versuchen von Gewicht, welche bloß mikroskopisch lediglich mit der Orcinreaktion durchgeführt wurden, die

[1]) »Die Rohstoffe des Pflanzenreiches«, Versuch einer technischen Rohstofflehre des Pflanzenreiches, Leipzig 1873, Engelmann.

[2]) Nach einer mündlichen Mitteilung Hofrat Prof. Dr. J. Wiesners.

meisten anderen wurden ja durch die Guajak- und namentlich durch die Stärkekleisterprobe erhärtet[1]). Um das Wesen des Ferments zu studieren, wurden zunächst die Wiesnerschen makroskopischen Versuche mit reinstem[2]) Akaziengummi wiederholt und vollkommen bestätigt gefunden. Um die Fähigkeit einer Gummilösung, Stärke zu zerlegen, ohne dabei Zucker zu bilden, prüfen zu können, mußten zunächst Mittel und Wege gefunden werden, die Reaktion vollkommen steril durchzuführen, eine Maßnahme, welche Reinitzer völlig außer acht gelassen hat, denn wenn die Gummilösung mit »dem Stärkekleister gemischt unter Baumwollverschluß 24 Stunden stehen gelassen wurde«, so ist das wohl keine sehr geeignete Methode, eine Probe steril zu erhalten, und ich glaube, die Zuckervermehrung, die Reinitzer der Enzymtätigkeit zuschreibt, neben der hier ganz unzulänglichen angewandten titrimetrischen Methode, vornehmlich auf Rechnung der unsterilen Arbeitsweise setzen zu können. Erhitzen der Gummilösung mußte das Ferment unwirksam machen oder wenigstens schwächen. Eine ungünstige Wirkung scheint auch das sonst sehr verwendbare Toluol und Chloroform auszuüben. Letzteres hat überdies die Eigenschaft die Jodstärkereaktion zu verhindern wie eine Reihe von Körpern anorganischer und organischer Natur, wie arsenige Säure, Phenole etc. Ich fand, daß auch Sublimat diese Wirkung ausübt. Man könnte nun daran denken, daß auch Gummi selbst ähnlich reaktionshemmend wirke. Wenn man nun aber Stärkekleister mit Gummilösung versetzt und fügt einige Tropfen verdünnter Säure (Mineralsäuren, Essigsäure) oder Kupfersulfatlösung hinzu, so tritt nach jener Zeit, in welcher ohne diesen Zusatz die Stärke durch die Gummilösung so weit verändert ist, daß bei Jodzusatz keine Bläuung auftritt, mit diesem Reagens augenblickliche Blaufärbung ein. Die Wirkung des Ferments ist also durch die Säure etc. offenbar

[1]) Dabei sei nebenher ein Irrtum Reinitzers berichtigt, welcher acht verschiedene Methylfurfurole, vier vom α- und vier vom β-Furol annehmen zu müssen glaubt. Nun sind aber im ganzen wohl nur sechs möglich, und wenn Maquenne (Comptes rend. T. 109, pag. 571, 603) vier Derivate als von der α-Form möglich denkt, so meint er natürlich nicht vier echte Methylfurole, sondern sagt ausdrücklich: »Le premier, (composé derivant du furfurane) que l'on pourrait appeler aldehyde furfuréthylique, ne contiendrait dans sa molécule qu'une seule chaîne latérale, dérivée de l'éthane, **les trois autres**, véritables homologues du furfurol, renfermeraient un méthyle non substitué en 2, 3 ou 4 par rapport au groupe $CHO = 1$.«

[2]) Gummi *Acaciae purissim.* von G. Fritz u. Co., Wien.

verhindert worden. Wenn man ferner zu Stärkekleister Gummilösung fügt, wird Jodlösung gebläut und erst nach längerem Stehen, am besten bei der optimalen Reaktionstemperatur der Fermente, tritt keine Färbung mit Jodlösung mehr ein, nachdem intermediär die rote Erythrodextrinreaktion Platz gegriffen hat. Die erwähnten Substanzen aber wirken meist augenblicklich, mit der Schnelligkeit einer Ionenreaktion hemmend auf die Jodstärkeprobe ein. Behufs Sterilisierung hat es sich am zweckmäßigsten erwiesen, die Gummilösungen durch sterile Pukhallfilter zu ziehen. In dem zum Auffangen bestimmten, in Kubikzentimeter geteilten Gefäße befand sich von Fall zu Fall der durch Kochen sterilisierte Stärkekleister, zu welchem die entsprechende Menge der Gummilösung dazufiltriert wurde. Dieses Gemisch wurde dann mit sterilisierter Watte verschlossen und unter allen Kautelen der Asepsis im Ostwaldschen Thermostaten bei 30—35° C stehen gelassen. Es sei noch erwähnt, daß durch wiederholte Versuche die Anwesenheit eines stickstoffhaltigen Körpers im Gummi durch die Lassaignesche Probe qualitativ nachgewiesen wurde. Um den Zuckergehalt des verwendeten Gummi zu bestimmen, wurde die gewichtsanalytische Methode und nicht die maßanalytische gewählt; denn wer jemals mit Gummilösungen gearbeitet hat, weiß, wie geradezu unmöglich es infolge der starken Schäume solcher Lösungen dem Experimentator gemacht wird, eine zum Ablesen in den Büretten oder sonstigen Maßgefäßen auch nur halbwegs brauchbare Genauigkeit, besonders bei so subtilen Messungen mit den minimen Mengen der zu bestimmenden Substanz zu erreichen. Durch die mikrochemische Phenylhydrazinmethode[1]) konnte ich den vorhandenen Zucker als Glykose diagnostizieren. Die Forderung bezüglich des einprozentigen Gehaltes der Lösung an Zucker bezieht sich wohl eher auf das Zuviel als auf das Zuwenig, und so zeigten denn drei Kontrollproben, welche zur Bestimmung des ursprünglichen Zuckergehaltes des Gummi angestellt wurden, befriedigende Übereinstimmung. In der betreffenden Vorschrift heißt es ausdrücklich, daß die Zuckerlösung nicht mehr als 1% Zucker enthalten darf. Im übrigen wurde die Regel mit peinlicher Genauigkeit befolgt; besonderes Augenmerk mußte dem Umstande zugewendet werden, daß bei einer 10prozentigen Gummilösung leicht Gummi am Boden der Porzellanschale festklebt und beim Kochen zu unliebsamen Erfahrungen

[1]) E. Senft, Über den mikrochemischen Zuckernachweis durch essigsaures Phenylhydrazin, Ber. der k. Akad. d. Wiss., Wien CXIII, Abt. I, Februar 1904.

Veranlassung geben kann. Deshalb mußte das Zufließenlassen der Gummilösung zu der kochenden Fehlingschen Lösung unter fortwährendem Rühren geschehen. Aus der dabei erfolgenden Farbenveränderung kann man qualitativ über Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Zucker nichts aussagen, da auch völlig vom Zucker befreite Gummilösungen Fehlingsche Solution gelblich färben. Der entstehende Niederschlag wurde im Asbestfilterröhrchen sofort abgesogen, gewaschen, getrocknet und im Wasserstoffstrom reduziert. Es wurde darauf geachtet, daß das Absaugen nicht zu langsam vor sich ging und im Filtrat neuerlich die Fällung versucht. Jeder der Versuche wurde wiederholt. Die bedeutenden Fehlerquellen, welche die maßanalytische Methode für den Fall der Zuckerbestimmung in Gummilösungen in sich birgt, erscheinen auf diese Weise ausgeschaltet und eine tunlichst genaue quantitative Bestimmung ermöglicht. Die sich ergebenden Zahlen zeigen deutlich, daß bei steriler Arbeitsweise eine Zuckervermehrung nicht eintritt, das Ferment also nicht durch Zuckerbildung tätig sein kann. Anderseits zeigt das Ergebnis der nicht sterilen Probe, daß wohl der meiste Zucker, der sich in Reinitzers Versuchen als Ergebnis der Fermenttätigkeit darstellte, in Wirklichkeit auf die mangelhafte Sterilisierung und wohl auch auf die Ungenauigkeit der maßanalytischen Methode zurückzuführen ist.

Die Vergleichsproben wurden in folgender Weise vorgenommen: 15·1021 *g* Akaziengummi wurden unter häufigem Umschütteln in mäßiger Wärme in 150 cm^3 destillierten Wassers gelöst und von dieser zirka zehnprozentigen Lösung genau 100 cm^3 in fünf Partien in der oben beschriebenen Weise durch Pukalls zu je fünf Kubikzentimeter 5prozentigen Kartoffelstärkekleisters zufließen gelassen. Nach viertägigem Stehen wurden die fünf Proben auf Zucker untersucht, indem sie vereinigt, die Gefäße mit wenig Wasser und darauf mit der in Verwendung gelangenden vorschriftsmäßigen Kupfersulfatlösung nachgespült wurden. Gleichzeitig war auf dieselbe Weise eine sterile Probe behufs Durchführung der Jodstärkereaktion, eine Stärkekleisterprobe ohne Gummi und schließlich eine nicht sterilisierte Gummilösung aus 10·0681 *g* meines Akaziengummis in 100 cm^3 Wasser nebst 25 cm^3 eines 5prozentigen Stärkekleisters in einem Kolben unter Watteverschluß dieselbe Zeit hindurch aufgestellt worden.

I. In 10·0681 *g* Gummi, entsprechend 100 cm^3 der Lösung, ursprünglich vorhanden: 0·09867 *g* Traubenzucker = 0·1924 *g* Cu = 0·98 %.

Nach viertägigem Stehen mit Stärkekleister: 0·1005 *g* Traubenzucker, entsprechend 0·1960 *g Cu*.

Die nicht steril gehaltene Probe ergab: 0·1896 *g* Traubenzucker, entsprechend 0·3593 *g Cu*.

Die Blaufärbung mit Jodsolution trat nicht ein, die Stärkekleisterprobe ohne Gummi gab sofortige Bläuung.

II. In 9·8666 *g* Gummi, entsprechend 100 cm^3 einer Lösung von 14·7999 *g* Gummi in 150 cm^3 H_2O sind ursprünglich vorhanden: 0·0957 *g* Traubenzucker = 0·1879 *g Cu* = 0·97%.

Nach viertägigem Stehen mit Stärkekleister: 0·0976 *g* Traubenzucker, entsprechend 0·1905 *g Cu*.

Die nicht steril gehaltene Probe ergab: 0·2246 *g* Traubenzucker, entsprechend 0·4203 *g Cu*.

Sonst alles wie bei I.

III. In 9·9436 *g* Gummi, entsprechend 100 cm^3 einer Lösung von 14·9154 *g* Gummi in 150 cm^3 H_2O sind ursprünglich vorhanden: 0·1094 *g* Traubenzucker = 0·2128 *g Cu* = 1·1%.

Nach viertägigem Stehen mit Stärkekleister: 0·1111 *g* Traubenzucker, entsprechend 0·2161 *g Cu*.

Die nicht steril gehaltene Probe ergab: 0·2299 *g* Traubenzucker, entsprechend 0·4292 *g Cu*.

Sonst alles wie vorher.

Aus diesen Versuchen darf wohl geschlossen werden, daß durch das Ferment kein Zucker gebildet wird, denn die geringen Differenzen zwischen Gummizucker und Reaktionszucker können wohl auf die unvermeidlichen Fehlerquellen, ferner auf den Umstand bezogen werden, daß ja auch Dextrine, wenn auch in viel schwächerem Maße und bei richtiger Kochdauer ohne wesentlichen Einfluß auf das Resultat, Fehlingsche Lösung reduzieren.

Noch durch eine andere Versuchsreihe aber konnte ich das genannte Resultat befestigen. Es gelingt nämlich auf folgende Weise ein zuckerfreies Gummipräparat ohne Schädigung des Ferments zu erhalten: wenn man eine etwa 15prozentige Gummilösung mit 52prozentigem Alkohol fällt, so wird der Gummi niedergeschlagen, während der Zucker in Lösung bleibt. Freilich muß diese Fällung einigemale wiederholt werden, bis das gewünschte Resultat eintritt und in einigen Fällen trat mit diesem Gummi die Stärkeverarbeitung nicht mehr in der entsprechenden Weise ein, wahrscheinlich weil auch etwas von dem Ferment dabei mit in Lösung bleibt.

Das Hauptgewicht muß auf ein rasches Absaugen und Trocknen des gefällten Gummis bei möglichst niedriger Temperatur gelegt werden. Mit einem gelungenen derartigen Präparat konnte ich nachweisen, daß weder vor der Behandlung mit Stärkekleister noch nachher unter sterilen Bedingungen Zuckerbildung eintrat. Die Arbeitsweise war mit diesem Gummi natürlich genau dieselbe wie früher. Nur in einem Falle war nach längerem Stehen der reduzierten Probe ein rötlicher Niederschlag in Spuren zu sehen, wobei aber offenbar ein Versuchsfehler bei Herstellung des Präparats sich eingeschlichen hatte. Ich möchte noch erwähnen, daß ich auch versucht habe, den Zucker mittels Phenylhydrazinchlorhydrat-Natriumazetat vom Zucker zu befreien, jedoch mit unbefriedigendem Ergebnis bezüglich der Wirksamkeit des Ferments.

Isolierungsversuche des Gummiferments blieben bisher ziemlich erfolglos. Mit den gewöhnlichen Enzymfällungsmitteln Alkohol, Magnesiasulfat, Ammoniumsulfat usw. wurde entweder der ganze Gummi mitgefällt oder es erfolgte überhaupt keine Fällung. Einen gewissen Erfolg ergab folgendes Verfahren: Akaziengummi wurde in wässerigem Glyzerin auf mäßig warmem Wasserbad mehrere Stunden hindurch digeriert und hierauf unter fortwährendem Rühren des Gummis mit 52prozentigem Alkohol ausgefällt. In diesen Glyzerinextrakt wurden unter denselben Modalitäten wiederholt neue Gummimengen (der Gummi wurde in allen Versuchen wie auch früher fein pulverisiert verwendet) eingetragen und wieder entfernt. Dieser Glyzerinextrakt gab, wenigstens in einigen Fällen, die Reaktion auf Guajak ziemlich intensiv und verarbeitete auch Stärkekleister in kürzerer Zeit als Gummi selbst, während der ausgefällte Gummi diese Reaktionen verzögert oder sehr geschwächt zeigte. Es scheint also das Ferment, wie dies schon Cunning für Fermente angibt, in den Glyzerinextrakt gegangen zu sein, ich möchte das aber nicht als zweifellos hinstellen, da ja immerhin Gummiteilchen mit in das Glyzerin übergegangen sein und dort die Reaktion bewirkt haben können. Bezüglich der Resistenz des Ferments sei noch erwähnt, daß Gummi im trockenen Zustande auf 150° durch vier Stunden erhitzt, das Enzym noch im wirksamen Zustande enthält und daß erst Erhitzen auf 200° durch sechs Stunden seine Wirksamkeit vernichtet. Viel empfindlicher ist das gelöste Ferment, aber auch da genügt bisweilen halbstündiges Kochen über dem Drahtnetz noch nicht, um das Ferment zu zerstören. Es hängt das, wie ich beobachten konnte, sehr von der Konzentration der

Lösung und der Provenienz des Gummis ab. Wenn Gummi in lufttrockenem Zustande etwa eine Stunde auf 150° erhitzt und dann in den gewöhnlichen Verhältnissen mit Stärkekleister zusammengebracht wird, so zeigt es sich bisweilen, daß bei Anstellung der Jodprobe nicht die Färbung, wie bei der Bildung von Achroodextrin, ausbleibt, sondern daß Erythrodextrinrot sich einstellt, welches manchmal nach einiger Zeit wieder verschwindet. Wenn man Gummi längere Zeit unter Rückfluß mit Äther extrahiert, dann filtriert, den Äther verdampft und nun den extrahierten Gummi sowohl als auch den mit Wasser aufgenommenen Ätherextrakt (besser ist es, den Ätherextrakt in Alkohol zu lösen, diesen abzudampfen und nun erst den Rückstand mit Wasser aufzunehmen) bezüglich seines Verhaltens gegenüber Stärke prüft, so findet man, daß beide die Erythrodextrinreaktion geben. Es macht den Eindruck, als wären im »Gummiferment« zwei Enzyme enthalten, welche für sich einen noch beschränkteren Wirkungskreis haben als den Abbau der Stärke zu Achroodextrin, indem das eine, welches scheinbar widerstandsfähiger ist, nur bis zum Erythrodextrin, das andere von da zum Achroodextrin abbaut [1]).

Wie dem auch sei, es ist sichergestellt, daß wir es in der Wirkung des Wiesnerschen Gummiferments mit einer amylolytisch wirkenden Enzymreaktion zu tun haben, durch die wohl Stärke abgebaut, nicht aber Zucker daraus gebildet wird. Diese Fermentreaktion zuerst erkannt und ihre Wirkung in völlig richtiger Weise erschlossen zu haben, ist trotz aller gegenteiligen Behauptungen eines der vielen Verdienste Wiesners um die Pflanzenphysiologie.

[1]) Bisweilen bleibt nach Erhitzen des Gummi auf 150° die Stärkereaktion aus, während die Guajakprobe noch positiv ausfällt.

Beeinflussung der Samenkeimung durch das Licht

von

E. Heinricher (Innsbruck).

Eingelangt am 24. September 1907.

In einer vorläufigen Mitteilung [1]) habe ich bekanntgegeben, daß die Samen von *Veronica peregrina* eine sehr auffällige Beschleunigung der Keimung bei Lichtgenuß zeigen und habe speziell hervorgehoben, daß diese Lichtwirkung mit chemischen Umlagerungen bei der Reaktivierung der Reservestoffe im Zusammenhang stehen müsse, gewiß aber nicht die Folge der durch das Licht ermöglichten Assimilation sei. Meine ausgedehnten Versuchsreihen mit den Samen von *Veronica peregrina*, die mehrere Jahre umfassen, gelangten nicht zur Veröffentlichung und das ziemlich weit vorgeschrittene Manuskript mit den tabellarischen Belegen liegt seit 1903 unvollendet. Die damals angetretene Studienreise nach Java hat das verschuldet und auch seit meiner Rückkehr fand ich nicht Muße, die umfangreiche Arbeit wieder aufzunehmen.

In einer anderen kleinen Abhandlung [2]) brachte ich weitere Beispiele stärkerer Beeinflussung der Samenkeimung durch das Licht, und zwar Fälle, die sich den schon bekannten und *Veronica peregrina* im Verhalten anschlossen, d. h. nur eine Beschleunigung der Keimung durch das Licht betreffen, anderseits aber auch solche, wo, wenigstens unter sonst gewöhnlichen Verhältnissen, das Licht zum Vorsichgehen der Keimung unentbehrlich ist — im Dunkeln Keimung

[1]) Ein Fall beschleunigender Wirkung des Lichtes auf die Samenkeimung. (Vorläufige Mitteilung), Berichte der D. botan. Ges., Bd. XVII, 1899 pag. 308—311.

[2]) Notwendigkeit des Lichtes und befördernde Wirkung desselben bei der Samenkeimung. (Beihefte zum Botanischen Zentralblatt, Bd. XIII, H. 2, pag. 164 bis 172; 1902.)

überhaupt nicht erfolgt (*Pitcairnia maïdifolia*, *Drosera capensis*). Endlich glaubte ich in der *Bromeliacee: Acanthostachys strobilacea* eine Pflanze gefunden zu haben, bei der umgekehrt das Licht einen schädigenden, die Dunkelheit einen fördernden Einfluß auf die Keimung ausübt. Allerdings erwähnte ich diesen Fall mit sehr viel Rückhalt und verwies darauf, daß sich »eine weitere Prüfung desselben empfehlen dürfte«.

In den nachfolgenden Zeilen sollen alle diese drei Kategorien der Beziehung des Lichtes zur Samenkeimung zur Sprache kommen.

Beschleunigende Wirkung des Lichtes auf die Keimung.

Im Frühlinge 1903 verschaffte ich mir die Samen einiger *Saracenia*-Arten (*S. variolaris*, *S. purpurea*, *S. flava*) sowie die von *Darlingtonia californica*.

Die Samen der erstgenannten beiden Saracenien konnten überhaupt nicht zur Keimung gebracht werden, wohl aber diejenigen von *S. flava* und *Darlingtonia*. Die zur Verfügung stehenden Samenmengen waren zwar geringe, doch war das Resultat immerhin so klar, daß dieser Umstand nicht zu sehr ins Gewicht fällt.

Die nachfolgende kleine Tabelle gibt über den Versuch Aufschluß. Die Aussaat erfolgte am 2. März 1903, und zwar einerseits auf frisches Sphagnum (Sph. in der Tabelle), anderseits auf Torfmull (TM). Die Kulturen standen in der warmen Kiste des botanischen Gartens, die Verdunkelung der »Dunkelkulturen« erfolgte durch innen und außen geschwärzte, übergestülpte Blumentöpfe.

		Saracenia flava				*Darlingtonia californica*			
		licht		dunkel		licht		dunkel	
		Sph.	TM.	Sph.	TM.	Sph.	TM.	Sph.	TM.
Zahl der ausgelegten Samen . . .		10	12	9	11	14	16	13	15
Zahl der gekeimten Samen	15. April	8	10	0	1	7	0	0	0
	22. Mai	8	10	0	3	7	0	0	0

Die beschleunigende und begünstigende Wirkung des Lichtes auf die Keimung tritt klar zutage. Am 15. April[1]) waren von

[1]) Die Keimung am Lichte war jedenfalls schon früher eingetreten; die Vorbereitungen für die Javareise ließen mich zu einem genaueren Verfolgen der Kulturen nicht kommen.

Saracenia flava am Lichte von 22 Samen 18 gekeimt, während im Dunkeln von 20 Samen erst 1 Keimling vorhanden war. Die Zahl der Keimlinge am Lichte nahm weiterhin nicht mehr zu, während die der Dunkelkultur bis zum 22. Mai auf drei anwuchs[1]).

Von *Darlingtonia californica* waren von 27 Samen der Lichtkultur bis zum 15. April 7 Samen gekeimt, während von den 31 Samen der Dunkelkultur kein Keimling erzielt wurde. Ja, in der Dunkelkultur erfolgte, wie nach meiner Abreise nach Java der Universitätsgärtner feststellte, bis 11. Oktober 1903 keine Keimung. An diesem Tage setzte der Gärtner die bisher verdunkelten Kulturen dem Lichte aus und stellte dann fest, daß in Kürze, nämlich am 17. Oktober, Keimlinge in den früher verdunkelten Kulturen auftraten.

Bei *Darlingtonia californica* war im Dunkeln während sieben Monaten überhaupt keine Keimung erfolgt. Es ist daher möglich, daß die Samen dieser Pflanze nicht wie die von *Saracenia flava* in die Kategorie jener gehören, die durch das Licht nur eine Beschleunigung in der Keimung erfahren, sondern daß sie der Gruppe jener Samen sich anschließen, die ohne Licht unter gewöhnlichen Bedingungen überhaupt nicht zu keimen vermögen. Doch scheint mir der einzelne und mit einer relativ beschränkten Samenzahl ausgeführte Versuch nicht geeignet, dieser Annahme schon volle Sicherheit zu verleihen.

Versuche mit *Veronica peregrina*. Abhängigkeit der Resultate vom Alter der Samen.

Meine vielen Versuchsreihen mit den Samen von *Veronica peregrina* einerseits, mit denen von *Poa nemoralis* anderseits, zeigten weitgehende Schwankungen in der retardierenden Wirkung der Dunkelheit auf den Keimungsbeginn und auf das Keimprozent. In ersterer Beziehung betrug die Verzögerung des Eintritts der ersten Keimung in der Dunkelkultur gegenüber der Lichtkultur im Minimum einen Tag, im Maximum acht Tage. Ähnliche Schwankungen ergaben die Bestimmungen der Keimprozente, von denen ich hier nur andeutend hervorheben will, daß die Keimprozente in den Dunkelkulturen meist ganz erheblich höher befunden wurden, als die Angaben früherer Autoren besagten. Keimprozent im Dunkeln 0 oder 1 oder 3 und ähnliche Werte, welche für Gräser, wie *Poa*-Arten wiederholt

[1]) Noch sei erwähnt, daß die Samen von *Saracenia flava* gar nicht besonders klein sind; dies mit Rücksicht darauf, daß man befördernde Wirkung des Lichtes besonders Pflanzen mit sehr kleinen Samen zuschrieb.

zu finden sind, sind nur auf die zu kurze, den Dunkelkulturen zugewendete Beobachtungszeit zurückzuführen.

Die mangelnde Übereinstimmung der Resultate führte ich wesentlich auf das ungleiche Alter des verwendeten Saatgutes zurück und erkannte die Notwendigkeit, das Alter jedes Saatgutes genau zu kennen. So entschloß ich mich, mit bestem, frisch geernteten Samenmaterial von *Veronica peregrina* neue Versuchsreihen zu beginnen, den Einfluß des Alters, der Aufbewahrungsweise des Samenmaterials, ob am Lichte oder im Dunkeln eingelagert, zu verfolgen. Auf den Einfluß, den das Alter der Samen ausübt, hat meines Wissens zuerst Jönsson[1]) hingewiesen. Er betonte, daß nicht nur Wärme, Feuchtigkeit und atmosphärische Luft bei der Keimung eine bedeutende Rolle spielen, sondern auch die verschiedene Reife der Samen, die Jahreszeit[2]), in der die Versuche angestellt werden usw.

In jüngster Zeit hat Laage den wesentlichen Einfluß nachgewiesen, den das Alter des betreffenden Sporenmaterials auf die Keimung nicht nur der *Osmunda*-Sporen, sondern auch sämtlicher anderen Farnsporenarten im Dunkeln ausübt[3]).

Die mit dem erwähnten Saatgut der *Veronica peregrina* gewonnenen Ergebnisse führten zur Aufdeckung einer interessanten Tatsache, daher ich drei dieser Versuchsreihen schon hier besprechen will.

---

[1]) Lunds Univ. Arsskr., T. XXIX, 4°, pag. 47; Lund 1893. Leider konnte ich nur das ausführliche Referat im Justschen Jahresb., Jahrgang 1893, I. Bd., pag. 28 u. ff., benützen. Ich übersah diese Arbeit und kannte sie nicht, als ich meine vorläufige Mitteilung schrieb. Kollege Jönsson war so freundlich, mich auf dieselbe aufmerksam zu machen. Sie enthält eine Reihe vortrefflicher Beobachtungen.

[2]) In den Fällen, die Jönsson behandelt, scheint mir aber das, was er unter den Einfluß der Jahreszeit zusammenfaßt, eigentlich auf Rechnung des Alters der Samen zu fallen. Für die vom Lichte bei der Keimung geförderten Samen kenne ich, wenn etwaiger Einfluß der Temperatur beseitigt wird, keine weitere Wirkung der Jahreszeit (zu der die Aussaat stattfindet) auf den Keimerfolg. Vorgetäuscht wird eine solche allerdings, doch liegt das geänderte Alter der Samen als Ursache vor! Rätselhaft und noch nicht durch andersartige Einwirkung bezwungen ist der Einfluß der Jahreszeit auf die Keimung der Samen einiger Rhinanthaceen (vgl. meine Studien über »Die grünen Halbschmarotzer« in den Jahrbüchern für wiss. Botanik), wie *Euphrasia*, *Alectorolophus*, bei denen die Keimung im Spätsommer oder Herbst nicht erzielbar ist.

[3]) Bedingungen der Keimung von Farn- und Moossporen. Beihefte zum Botan. Zentralblatt. Bd. XXI, H. 1, pag. 76—115.

Dieses Samenmaterial von *Veronica peregrina* wurde am 27. Juni 1901 frisch geerntet. Mit je 120 Samen, in Töpfchen auf sterilisierten Flußsand ausgesät, wurde sofort eine vergleichende Kultur am Lichte wie im Dunkeln begonnen, worüber die erste der folgenden Tabellen berichtet. Das übrige, in großer Menge gewonnene Saatgut wurde durch einige Stunden an der Sonne getrocknet (um eine spätere Verpilzung möglichst hintanzuhalten), dann in zwei Partien geteilt. Die eine Hälfte wurde in einem Stoffhälter am Südfenster aufgestellt, wo sie häufig dem intensivsten Sonnenlichte ausgesetzt war, die andere, gleichfalls in einem Stoffhälter aufgesammelte, wurde in eine Pappschachtel gesteckt und weiters in einem Schranke, also ohne Lichtzutritt, aufbewahrt. Es sollte bei den künftigen Versuchen auch die Frage Beachtung finden, ob für die Keimung die Art der Aufbewahrung der Samen, im Lichte oder im Dunkeln, von Einfluß sei. Diese Frage, beschränkt auf den Einfluß, welchen die Sonnenstrahlen auf die Keimungsfähigkeit trockener Samen ausüben, ist von Tine Tames[1]) kurz vorher behandelt worden. Auf Grund ihrer Ergebnisse kam die Genannte zu dem Schlusse: »daß die Sonnenstrahlen weder begünstigend noch schädlich auf die Keimungsfähigkeit von trockenen Samen wirken, welche denselben längere Zeit ausgesetzt werden«.

Der in der beiliegenden Tabelle gegebene Verlauf der Kulturen mit dem frisch geernteten Saatgut ergab die Bestätigung einer schon früher von mir gewonnenen Erfahrung, nämlich, daß Samen frischer Ernte von *Veronica peregrina*, auch am Lichte, erst nach einer längeren, bis zweimonatlichen Ruheperiode keimen. Bei den mit abgelagerten Samen ausgeführten früheren Versuchsreihen stellte sich die Keimung am Lichte am dritten bis achten Tage nach der Aussaat ein.

Der Versuch lehrte ferner, daß das am 27. Juni gewonnene Saatgut als solches bester Qualität bezeichnet werden konnte. Das Keimprozent stellt sich im Mittel auf 95.

Neu war das Ergebnis, daß bei Verwendung solch frisch geernteten Saatgutes die Zahl der Keimlinge in der Dunkelkultur nicht hinter jener der Keimlinge in der Lichtkultur zurücksteht. Die Anzahl der Keimlinge war in der Dunkelkultur sogar etwas höher (116:113).

[1]) Über den Einfluß der Sonnenstrahlen auf die Keimungsfähigkeit von Samen. Landwirtschaftl. Jahrbücher, Bd. XXIX, 1900, pag. 467–482.

Eine Retardierung in der Keimung im Dunkeln war auch hier bemerkbar; die Pause zwischen dem Erscheinen der ersten Keimlinge in der Lichtkultur einerseits, in der Dunkelkultur anderseits, betrug mindestens drei, wahrscheinlich aber fünf Tage[1]).

Tabelle I.

Samen frischer Ernte (27. Juni 1901) von *Veronica peregrina* werden am gleichen Tage (27. Juni) auf sterilisierten Flußsand, je 120 Stück pro Topf, angebaut.

Datum	Kultur im Lichte. Zahl der Keimlinge	Kultur im Dunkeln. Zahl der Keimlinge	Temperatur
26. August	0	0	22·4
29. „	69	0	20·2
30. „	87	0	20·0
1. September	91	0	19·0
2. „	93	16	20·2
3. „	93	33	18·0
4. „	93	36	18·4
5. „	94	38	17·8
6. „	97	57	17·4
7. „	103	72	18·0
9. „	106	106	20·4
10. „	108	108	21·0
11. „	110	108	19·2
12. „	111	108	19·0
14. „	113	110	19·0
16. „	113	112	17·7
18. „	—	—	17·0
20. „	—	—	18·6
23. „	—	115	18·6
27. „	—	116	19·6
30. „	—	—	
1. Oktober	Kulturen kassiert.		

Mit den am 27. Juni 1901 geernteten, sofort getrockneten Samen wurden nun weitere Versuchsreihen durchgeführt, von denen ich zwei in den folgenden Tabellen vorführe, die erste in ausgedehnter, die zweite in gekürzter Form.

[1]) Die Keimung dürfte in der Lichtkultur schon am 27. August eingetreten sein. Am 27. und 28. August war eine Revision leider unterblieben.

Tabelle II.

Veronica peregrina; Samen, geerntet am 27. Juni 1901, angebaut am 10. September 1901. Vier Töpfe, gefüllt mit sterilisiertem Flußsand, belegt mit je 120 Samen.

Datum	Kulturen am Lichte		Kulturen im Dunkeln		Temperatur
	A. Samen a. Lichte aufbewahrt	B. Samen i. Dunk. aufbewahrt	A. Samen a. Lichte aufbewahrt	B. Samen i. Dunk. aufbewahrt	
18. Sept.	1				17·0
19. „	4	3			17·0
20. „	7	6			18·6
21. „	17	20			19·0
22. „	23	29	1		19·0
23. „	25	38	1		18·6
24. „	31	44	1		20·0
25. „	34	49[1])	1		19·6
26. „	39	53	2		20·0
27. „	41	59	2		19·6
28. „	44	66	2		20·8
29. „	46	66	2		20·0
30. „	50	71	2		20·0
1. Okt.	52[2])	76	4		20·0
2. „	58	81	4		20·5
3. „	58	81	4		20·0
4. „	61	87	4		20·4
5. „	64	89	4		20·4
7. „	74	97	4		17·0
8. „	78	99	4		17·4
10. „	83	99	4		13·8
12. „	95	101	5		13·8
14. „	100	103	6		15·0
15. „	102	103	13	1	16·0
16. „	102	104	40	26	14·6
18. „	102	104	91	85	16·0
20. „	102	105	107	97	14·4
22. „	102	105	107	99	16·6
25. „	102	105	108	99	16·6
27. „	102	105	109	99	16·8
31. „	103	105	109	99	
12. Nov.	103[3])	105[3])	109[4])	99[4])	
19. „			109	100	
25. „			112	100	

[1]) Die höhere Keimungszahl hier scheint dadurch bewirkt, daß der Topf der Kultur B besser Wasser aufsaugt als jener in A.

[2]) Wegen bemerkbar schlechten Saugens des Topfes der Kultur A wird von nun ab oberflächlich auf die Sandschichte vorsichtig Wasser aufgetragen.

[3]) Die beiden Lichtkulturen werden an diesem Tage kassiert.

[4]) Die beiden Dunkelkulturen werden am 12. November ans Licht gesetzt und am 22. November vom Fenster weg in die Nähe des Ofens gebracht.

Die beiden Versuchsreihen wurden am 10. und 12. September 1901 angesetzt, also als die Samen ungefähr $2^1/_2$ Monate alt waren. Bei der ersten Versuchsreihe verwendete ich sowohl im Lichte als im Dunkeln aufbewahrte Samen. Im Lichte setzte die Keimung nun schon am achten und neunten Tage nach der Aussaat ein, in der einen Dunkelkultur (mit den dunkel aufbewahrten Samen, Rubrik B) erst nach 35 Tagen. Hier kommt ein Retardierungsintervall in der Keimung von 25 Tagen zum Vorschein, wie es frühere Versuche nie aufzuweisen hatten[1]). Auch in der zweiten Dunkelkultur (mit im Lichte aufbewahrten Samen, Rubrik A) setzt die Keimung energischer ebenfalls erst so verspätet ein; die einzelnen früheren Keimungen sind sehr wahrscheinlich auf die Aufbewahrung dieser Samen am Lichte zurückzuführen.

Daß nur einzelne Samen in der Keimung hier vorauseilen, dürfte darauf zurückzuführen sein, daß die Samen im Stoffhälter in dicker Schichte, über 1 *cm* mächtig, gehäuft lagen und daher sehr ungleichmäßig vom Lichte getroffen wurden. Um die Frage des Einflusses der Aufbewahrung des Samens am Lichte oder im Dunkeln auf die Keimung zu entscheiden, die aus diesen Versuchen keine klare Antwort findet, wird es notwendig sein, neue Versuche mit in dünner Schichte dem Lichte ausgesetzten Samenmengen vorzunehmen. Die Wahrscheinlichkeit, daß die in der Dunkelkultur A vereinzelten, verfrühten Keimungen mit der Aufbewahrung der Samen am Lichte zusammenhängen, wird durch die folgende Versuchsreihe (Tabelle III) gehoben, wo nur im Dunkeln aufbewahrte Samen zum Versuche herangezogen wurden und bei der die Verzöge-

---

[1]) Auf ein gleiches Verhalten weist vielleicht die folgende Angabe von W. Kinzel: »Über den Einfluß des Lichtes auf die Keimung«, Ber. d. Deutsch. botan. Ges., 1907, pag. 272, hin: »Soviel aber geht daraus unzweifelhaft hervor, daß frische *Poa*-Samen, die am Lichte bei genau 20° schon in zehn Tagen zu 95% keimen, im Dunkeln unter vollkommen gleichen Bedingungen (auf sterilem Filterblock in Petrischale) bei 20°, ebenso wie *Apium* zu 0% keimen.« Vermutlich tritt Keimen im Dunkeln auch hier mit ähnlicher, bedeutender Retardierung, wie bei *Veronica peregrina* ein.

Auch die Tabelle, die Jönsson von *Poa pratensis* gibt, um den Einfluß der Jahreszeit auf die Keimung darzutun, beginnt mit der Angabe: Aussaat 7. Oktober 1891, im Lichte 88%, im Dunkeln 1% Keimungen. In beiden Fällen (Kinzel und Jönsson) sind die Dunkelkulturen nur zu kurze Zeit beobachtet worden.

rung in der Keimung der Samen beider Dunkelkulturen eine gleichmäßige ist[1]).

Die näheren Aufschlüsse gibt die in gekürzter Form gegebene nachfolgende Tabelle.

Tabelle III.

Veronica peregrina; Samen, geerntet am 27. Juni 1901, angebaut am 12. September 1901; nur solche, die nach der Ernte im Dunkeln aufbewahrt worden waren. Drei Kulturen, jede beschickt mit 120 Samen.

Datum	Auf Asbest		Auf Filterpapier	Temperatur
	Am Lichte	Im Dunkeln		
	A.	B.	C.	
23. Sept.	2			18·6
3. Okt.	32			20·0
14. „	82	1		15·0
15. „	98	4	1	16·0
16. „	100	20	16	14·6
12. Nov.	100[2])	104[3])	92[3])	11·6
19. „		106	107	12·0
22. „		106[4])	109[4])	
6. Dez.		106	110	15·4

Die Frage nach der Einwirkung des Substrats auf die Keimung, die, wie in anderen Versuchsreihen auch in dieser mitgeprüft wurde, ergab, wie nebenbei hier bemerkt sei, im allgemeinen ein negatives Resultat[5]). Auf sterilisiertem Asbest und ebensolchem Filterpapier verlief die Keimung wesentlich gleich. Natürlich gilt dieser Ausspruch nur so lange, als von der Beigabe gewisser Reiz-

[1]) Auch ist darauf hinzuweisen, daß, wie Jönsson in einer Versuchsreihe, in der Kulturen nur eine halbe Stunde täglich oder eine Stunde, und ferner zwei Stunden pro Tag dem Lichte ausgesetzt wurden, zeigte, daß schon kurze Belichtung weitgehenden Einfluß auf die Beschleunigung der Keimung ausübt; ebenso darauf, daß ich (in der ersten der zitierten Mitteilungen) feststellte, daß schon geringe Lichtintensitäten einen merkbaren Einfluß im gleichen Sinne erkennen lassen.

[2]) Diese Kultur wurde kassiert.

[3]) Die beiden Kulturen werden an das Licht gestellt.

[4]) Die beiden Kulturen vom Fenster in die Nähe des Ofens gebracht.

[5]) Ich hatte ein solches für die Dunkelkulturen in meiner vorläufigen Mitteilung über *Veronica peregrina* auf Grund der Ergebnisse eines Versuches angenommen. (Vgl. a. a. O. pag. 310, Punkt 4.)

stoffe abgesehen wird, wie z. B. Laage in ihrer Wirkung auf die Farnsporen kennen gelehrt hat und wie solche die nachfolgend zitierte Arbeit A. Fischers nachweist. Die Einwirkung dieser auf die Keimung der Samen von *Veronica peregrina* und ähnlich sich verhaltender anderer bleibt gesondert zu prüfen.

Die erste Keimung in der Lichtkultur erfolgte am 11. Tage, in den Dunkelkulturen am 32. und am 33. Tage; die Retardierung des Keimungsbeginnes war also in den Dunkelkulturen hier nahezu gleichmäßig, für die eine 21, die andere 22 Tage. Der Keimungsbeginn ist somit bei den $2^1/_2$ Monate seit der Ernte lagernden Samen auch im Dunkeln schon ungefähr um die Hälfte früher eingetreten als bei der Aussaat ganz frisch geernteter Samen, aber der Aussaat am Lichte gegenüber ist das Verhalten so, als ob die Samen ihre nötige Ruheperiode noch nicht vollends durchlaufen hätten.

Offenbar befördert das Licht die chemischen Umsetzungen in den Reservestoffen, die sich im Dunkeln wohl auch, aber viel langsamer abspielen. Je jünger das nach der Ernte gleich getrocknete und dunkel aufbewahrte Saatgut, um so weniger sind diese Umsetzungen bereits erfolgt, um so stärker äußert sich daher der retardierende Einfluß der Dunkelheit auf den Keimungsbeginn. So resultieren bei jungem Saatgut in den Dunkelkulturen Retardierungen im Keimbeginn von 21—25 Tagen gegenüber Lichtkulturen, während bei älterem Saatgut diese Retardierungen im allgemeinen einen beträchtlich geringeren Wert, Retardierungen von 3—8 Tagen erreichen. Ganz verschwindet der beschleunigende Einfluß des Lichtes auf die Keimung nie. Insbesondere ist es eine aus vielen Versuchsreihen gewonnene Erfahrung, daß, wenn in der Dunkelkultur Stillstand im Keimen eingetreten ist, dadurch, daß diese Kulturen ans Licht gebracht werden, nun noch eine Nachkeimung einzelner Samen erfolgt. Auch die in der letzten Tabelle vorgeführten Kulturen wurden am 22. November ans Licht gebracht. Kultur B hatte bishin 104, Kultur C 92 Keimlinge im Dunkeln ergeben. Das ans Lichtbringen der Kulturen erhöhte die Zahl der Keimlinge in B auf 106 (um 2), in C auf 110 (um 18).

Offenbar enthalten einzelne Samen oder bilden jene Substanz (vermutlich handelt es sich um ein Enzym), welche die Reaktivierung der Reservestoffe veranlaßt, im Dunkeln in zu geringer Menge, während das Licht noch eine genügende Energie entfaltet, diese Umsetzungen in der nötigen Weise zu vollführen.

Ich betonte oben, daß die starke Retardierung bei der Keimung im Dunkeln nur dann hervortritt, wenn die frisch geernteten Samen sofort getrocknet werden. Auf diesen Einfluß weist der Unterschied der Ergebnisse unserer Tabelle I gegenüber jenen in den Tabellen II und III hin. Nur in den letzteren finden wir die starke Retardierung bei der Dunkelkeimung, während sie bei der ersten Versuchsreihe das gewöhnliche Maß nicht überschreitet. In dieser sind die frisch geernteten Samen sofort ausgesät worden. Die Keimung erfolgt nach dem Verstreichen der notwendigen Ruheperiode, nur mit geringer Verzögerung (3—5 Tage) auch im Dunkeln. Hier haben sich die Umsetzungen der Reservestoffe im Dunkeln weitgehend vollzogen, während bei den folgenden Versuchen (gleich nach der Keimung trocken gelegte Samen) diese Umsetzungen nicht so weit gediehen sind. Daraus sieht man, daß bei genügender Feuchtigkeit die Prozesse zur Reaktivierung der Reservestoffe weitgehend auch im Dunkeln erfolgen. Bei trocken aufbewahrten, frischen, dann nach 2—3 Monaten ausgesäten Samen erzielt das Licht diese Umsetzung sehr rasch, im Dunkeln spielen sich aber die Prozesse langsam ab — woraus die beträchtliche Retardierung im Keimen resultiert. Auch das schnellere oder langsamere Trocknen des Saatgutes, ferner ob dieses am Lichte oder im Dunkeln erfolgt, die größere oder geringere Luftfeuchtigkeit am Aufbewahrungsorte, werden auf den Ausfall der Keimungsresultate von Einfluß sein.

Im ganzen geht aus diesen Versuchen hervor, daß die Ergebnisse bei der Keimung lichtempfindlicher Samen (gemeint ist hier die Kategorie jener, die durch das Licht eine Förderung in der Keimung erfahren) vom Alter des Saatgutes, von der Schnelligkeit des Trocknens nach der Ernte, davon, ob dieses am Lichte oder im Dunkeln erfolgt, ferner wahrscheinlich von der Art der Aufbewahrung, ob im Lichte oder im Dunkeln, im ersteren Fall ob locker gelagert oder in mächtigeren Schichten, endlich von der Luftfeuchtigkeit des Aufbewahrungsortes abhängen werden. Es zeigt sich, wie kompliziert die Verhältnisse liegen und wie vergleichbare Resultate nur unter genauer Berücksichtigung aller dieser Faktoren erzielbar sein werden.

Samen, die nur im Lichte keimen.

Wie schon vorausgehend erwähnt, habe ich solche Samen in jenen der *Bromeliacee Pitcairnia maïdifolia* und in *Drosera capensis* kennen gelernt und darüber in der zweiten, eingangs er-

wähnten Mitteilung berichtet. Dabei muß betont werden, daß dieser Satz nur Gültigkeit hat, solange gewöhnliche Keimungsbedingungen vorliegen. Ob einen Ersatz für die Wirkungen des Lichtes gewisse Reizstoffe zu bieten vermögen, bleibt fernerhin zu untersuchen [1]). Ich gab in der erwähnten Mitteilung dem Gedanken Ausdruck, daß sich Samen, deren Keimung vom Lichte beeinflußt wird, wahrscheinlich bei Pflanzen, die an hohe Lichtintensitäten angepaßt sind, in zahlreicheren Fällen nachweisen lassen dürften und daß deshalb auch unter den Epiphyten solche zu suchen wären.

Auf meiner Studienreise nach Java beabsichtigte ich der Sache näher zu treten, mußte aber dann erfahren, daß die Beschaffung des nötigen Samenmaterials von Epiphyten seine Schwierigkeiten hat; vor allem genügt aber auch ein dreimonatlicher Aufenthalt nicht, um solche Fragen zu erledigen. Mit den Samen zweier Epiphyten konnte ich aber die Versuche vornehmen. Der eine war die *Myrmecodia echinata*. Über das Verhalten der Keimlinge dürfte ich an anderer Stelle eine Notiz veröffentlichen; hier genügt die Angabe, daß die Samen der genannten Ameisenpflanze sowohl am Lichte als im Dunkeln sehr rasch keimen. Der andere Epiphyt war das schöne *Rhododendron javanicum*, das in der höheren Bergregion Javas, so am Pangerango und Gedeh, nach dem Zurücktreten des Baumwuchses, auch als Bodenpflanze vorkommt. Im Berggarten zu Tjibodas fanden sich als Bodensträucher kultivierte Exemplare, die zu Zeiten meiner Anwesenheit dort allerdings keinen Samen trugen. Ich erhielt aber durch gefällige Vermittlung Professor Treubs, dem an dieser Stelle noch bestens gedankt sei, solchen in ausgezeichneter Beschaffenheit am 25. April 1904 nach Innsbruck zugesandt und wurden am gleichen Tage zahlreiche Samen in 4 Töpfen, gefüllt mit sterilisierter Moorerde, angebaut. Zwei der Töpfe wurden in der Warmkiste aufgestellt, zwei im Warmkasten der Warmkiste; überall blieb einer der beiden Töpfe dem Lichte ausgesetzt, der zweite wurde sorgfältig verdunkelt. Am 19. Mai waren in beiden Lichtkulturen zahlreiche Keimlinge aufgegangen, in den Dunkelkulturen hingegen keiner. Auch bis 18. Juni war in den Dunkelkulturen keine Keimung erfolgt. An diesem Tage wurden sie dann dem Lichte ausgesetzt, worauf

[1]) Ich verweise hier auf die interessante Mitteilung von Alfred Fischer: »Wasserstoff- und Hydroxylionen als Keimungsreize« (Ber. der D. bot. Ges., 1907, pag. 108) und die schon früher angezogene Arbeit von Laage.

zwischen dem 5. Juli und 10. Juli auch in diesen Kulturen schon Keimlinge sich vorfanden.

Die Samen des *Rhododendron javanicum* haben die so häufigen Kennzeichen der Samen epiphytischer Pflanzen: große Leichtigkeit, die durch den Besitz eines Luftsackes gefördert wird. In wenig variierter Weise sind sie vielen Epiphyten eigen. Die *Rhododendron javanicum*-Samen gleichen in den Hauptzügen jenen von *Pitcairnia maïdifolia*, oder denen von *Nepenthes*, von welch letzteren Göbel in seinen pflanzenbiologischen Schilderungen, Bd. II, pag. 98, eine Abbildung gegeben hat.

Das Ergebnis des Versuches mit *Rhododendron javanicum* legte nahe, auch seine europäischen Verwandten in bezug auf die Samenkeimung und ihre Abhängigkeit vom Lichte zu prüfen. Aus den Vorräten des botanischen Gartens wurden 1903 geerntete Samen von *Rhododendron ferrugineum*, *Rhododendron hirsutum* und *Rhodothamnus Chamaecistus* zu Versuchen herangezogen. Am 24. Mai 1904 erfolgte die Aussaat zahlreicher Samen auf ausgekochte Moorerde in je zwei Töpfe, von denen einer als Lichtkultur, der andere als Dunkelkultur gehalten wurde. Die Samen von *Rhodothamnus Chamaecistus* haben nicht gekeimt, die unserer beiden anderen Alpenrosen nur in den Lichtkulturen. Am 5. Juni waren in beiden Keimlinge vorhanden, bei *Rh. ferrugineum* spärlicher, bei *Rh. hirsutum* sehr zahlreich. Im Dunkeln waren am 23. Juni noch keine Keimlinge vorhanden; die nun ans Licht gebrachten Kulturen ergaben dann Keimlinge zwischen dem 5. und 10. Juli.

Die Samen unserer *Rhododendron*-Arten, obwohl keine Epiphyten, verhielten sich demnach gleich dem *Rhododendron javanicum*; auch sie werden durch das Licht im Keimen gefördert, ja die Keimung scheint vom Lichte direkt abhängig zu sein. (Die Keimung von *Rh. javanicum* am Lichte trat nach 30 Tagen ein, im Dunkeln hat auch nach zwei Monaten keine Keimung stattgefunden; hier ist die Notwendigkeit des Lichtes zur Keimung ziemlich sichergestellt. Die Dunkelkulturen von *Rh. ferrugineum* und *Rh. hirsutum* waren aber etwas zu kurze Zeit beobachtet, um auch hinsichtlich dieser die Notwendigkeit des Lichtes mit voller Sicherheit behaupten zu dürfen.)

Das verschiedene Verhalten der Bromeliaceensamen bei der Keimung, das nicht nur zwischen den Angehörigen verschiedener Gattungen, sondern auch bei Arten der gleichen Gattung (*Dyckia* z. B.) hervortrat, ließ mich in der angeführten zweiten Mitteilung Be-

ziehungen zwischen den biologischen Eigentümlichkeiten der Arten und ihren Keimungsbedingungen vermuten. Allerdings mußte ich schon dort hervorheben, daß nicht alle Pflanzen, die ein großes Lichtbedürfnis besitzen, eine Abhängigkeit ihrer Samen vom Lichte beim Keimen zeigen. So wurde darauf hingewiesen, daß *Mesembrianthemum*-Samen, ferner die von *Stapelia variegata*, ausgesprochenen Lichtpflanzen angehörig, im Dunkeln ebensogut keimen wie im Lichte. Über meine Veranlassung hat im Jahre 1903 stud. phil. Hans Bär vergleichend 30 Arten von *Veronica* in betreff des Verhaltens der Samenkeimung zum Lichte studiert. Die unveröffentlicht gebliebene Studie[1]) ergab im allgemeinen, daß die ökologisch unter sehr verschiedenen Verhältnissen lebenden Arten sich alle gleich verhalten und so wie *Veronica peregrina* durch das Licht eine Förderung in der Keimung erfahren.

So scheinen für ein gleiches Verhalten der Samen gegenüber Licht und Dunkelheit mehr die systematischen Verwandtschaftsverhältnisse als die biologischen Eigentümlichkeiten der betreffenden Arten entscheidend zu sein. Ein verschiedenes Verhalten der Epiphyten war übrigens von vornherein schon von dem Gesichtspunkte aus zu erwarten, als auch zu den Epiphyten einerseits solche, die hohe Lichtintensitäten beanspruchen, anderseits solche, die mit recht bescheidenen ihr Auslangen finden, zählen.

Samenkeimung durch Dunkelheit begünstigt.

In der schon eingangs erwähnten, zweiten Mitteilung berichtete ich auch über Versuche mit den Samen der *Bromeliacee*: *Acanthostachys strobilacea*. Von am 30. Juni 1902 einerseits am Lichte (25 Stück) anderseits im Dunkeln (21 Stück) angebauten Samen keimten bis 7. Juli am Lichte drei, im Dunkeln 20 Samen. Dies Resultat bewog mich, allerdings mit Reserve, für diesen Fall eine begünstigende Wirkung der Dunkelheit anzunehmen; daß eine Nachprüfung wünschenswert sei, wurde hervorgehoben. Auf meine Anregung unternahm eine solche Herr Privatdozent Dr. Ad. Wagner im Winter 1904 mit größeren, aus verschiedenen botanischen Gärten bezogenen Samenmengen. In Summa hatte er 195 Samen zur Verfügung. Die Versuche, deren Statistik und Ergebnisse mir Dr. Wagner

[1]) Sie enthält immerhin Ergebnisse, die eine Veröffentlichung berechtigt erscheinen lassen.

zur Verfügung stellte, ergaben jedenfalls kein, meine Vermutung bestätigendes Resultat. Die Variationen, unter denen sie stattfanden, bringen anderseits auch keine Klärung über die Ursachen der Divergenz. Diese zu finden, müßten neue Versuchsreihen begonnen werden, in denen zum Beispiel auch Alter der Samen, Jahreszeit und anderes Berücksichtigung fänden. Um die Unterschiede in unseren Ergebnissen zu beleuchten, führe ich nur eine Versuchsreihe Dr. Wagners an. Am 2. März wurden mit je 16 Samen zwei mit sterilisiertem Flußsand gefüllte Töpfe beschickt, der eine Topf im Lichte belassen, der andere dunkel gestellt. Bis 7. April keimten in der Lichtkultur 11, in der Dunkelkultur 7 Samen. Im Gegensatze zu meinem Versuche, hier also eine günstigere Keimung im Lichte! Im ganzen ergaben die Versuche keine großen und weitaus keine so auffälligen Verschiedenheiten zwischen der Zahl der Keimlinge in den Licht- und Dunkelkulturen, wie es bei meiner Kultur der Fall gewesen war.

Ich führe diese Berichtigung hier an, weil meine mit Reserve gegebene Vermutung über eine begünstigende Wirkung der Dunkelheit auf die Samenkeimung von *Acanthostachys strobilacea* bereits in ein Lehrbuch Aufnahme gefunden hat. Demnach verbleibt als einziger beglaubigter Fall ersichtlicher Beförderung der Keimung durch Dunkelheit oder doch durch schwache Lichtintensitäten derjenige, der durch W. Remer[1]) bei *Phacelia tanacetifolia Benth.* gefunden und bekanntgegeben wurde.

Zusammenfassung.

1. Die Samen von *Saracenia flava* und *Darlingtonia californica* werden in ihrer Keimung durch das Licht wesentlich gefördert; diejenigen von *D. californica* keimten im Dunkeln während sieben Monaten überhaupt nicht, doch trat, als sie dann ans Licht gebracht wurden, sehr rasch Keimung ein.

Die folgenden Punkte 2—9 beziehen sich auf die Untersuchungen mit *Veronica peregrina.*

[1]) W. Remer: Der »Einfluß des Lichtes auf die Keimung bei *Phacelia tanacetifolia Benth.*« (Ber. d. D. botan. Ges., 1904, Bd. XXII., pag. 328 f.)

Zahlreiche Fälle, wo wenigstens unter bestimmten Bedingungen eine sehr bemerkenswerte Förderung der Keimung durch die Dunkelheit sich ergibt, teilt Kinzel in seiner kürzlich erschienenen, vorn zitierten Arbeit mit. Einen genaueren Einblick in die Sache wird erst die angekündigte ausführliche Veröffentlichung ermöglichen.

2. Der frisch geerntete Same von *Veronica peregrina*, sofort ausgesät, keimt auch am Lichte erst nach zirka zwei Monaten. (Abgelagerter nach drei bis acht [zehn, wenn erst zwei bis drei Monate alt] Tagen.) Das frische Saatgut braucht also eine ungefähr zweimonatliche Ruheperiode. Die Verzögerung im Keimbeginn der Dunkelkulturen beträgt bei sofortigem Anbau frischer Samen nur drei bis fünf Tage.

3. Bei durch das Licht im Keimen beförderten Samen ist das Alter des Saatgutes sehr zu beachten.

4. Das Keimprozent ist bei frisch geernteten und sogleich ausgesäten Samen, bei Licht- und bei Dunkelkultur gleich hoch.

5. Frisch geernteter Same, durch einige Stunden an der Sonne getrocknet, dann verdunkelt aufbewahrt und nach zweieinhalb Monaten angebaut, keimt im Lichte um 22—25 Tage früher als im Dunkeln. Solcher Same verhält sich bei Dunkelkultur so, als ob seine Ruheperiode noch nicht gänzlich durchlaufen wäre.

6. Ein Einfluß des Substrats auf den Keimungsverlauf, den ich früher auf Grund eines Versuches angenommen habe, existiert nicht. (Abgesehen natürlich von dem Falle, wo bestimmte Reizstoffe beigegeben werden oder im Substrat sich befinden.)

7. Das Licht übt eine fördernde Wirkung auf die Reaktivierung der Reservestoffe oder auf das Entstehen solcher Stoffe (Enzyme), die jene vollführen. Auch im Dunkeln geht der Prozeß der Reaktivierung vor sich, aber im ganzen langsamer und begünstigt offenbar ein gewisser Wassergehalt der Samen den Vorgang.

8. Ganz verschwindet auch bei abgelagertem Saatgut die beschleunigende Wirkung des Lichtes nicht. Auch scheinen in manchen Samen die zur Keimung führenden Stoffumsetzungen im Dunkeln nicht genügend zu erfolgen; solche Samen können, wenn in den Dunkelkulturen das Nachkeimen aufgehört hat, dadurch, daß die Kultur durch einige Tage dem Lichte ausgesetzt wird, zum Teil noch zum Keimen gebracht werden.

9. Im ganzen weisen die Versuche darauf hin, daß die Ergebnisse beim Keimen von solchen Samen, die durch das Licht darin gefördert werden, abhängen vom: Alter des Saatgutes, von der Schnelligkeit des Trocknens desselben nach der Ernte, ferner sehr wahrscheinlich davon, ob dieses im Lichte oder im Dunkeln erfolgte; desgleichen von der Art der Aufbewahrung, ob die Samen im Lichte oder im Dunkeln, im ersteren Falle, ob in einfacher Lage

oder in mächtigen Schichten liegen. Endlich dürfte auch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft am Aufbewahrungsorte von Einfluß sein. Es zeigt sich, daß die Verhältnisse außerordentlich komplizierte sind und daß Übereinstimmung von Versuchsergebnissen nur unter Berücksichtigung aller dieser Faktoren zu erwarten ist.

10. Die Samen des epiphytischen *Rhododendron javanicum* keimten nur im Lichte. Die Dunkelkultur, einen Monat nach der in der Lichtkultur erfolgten Keimung dem Lichte ausgesetzt, ergab auch ihrerseits Keimlinge. Wie die Samen des *Rh. javanicum* verhielten sich aber auch diejenigen des *Rh. hirsutum* und *Rh. ferrugineum*. Die Abhängigkeit der Keimung vom Lichte geht also mit dem Epiphytismus nicht parallel.

11. Dies ergaben auch die Samen von *Myrmecodia echinata*, die sowohl am Lichte als auch im Dunkeln keimten.

12. Wie ausgedehnte (nicht veröffentlichte) Untersuchungen meines Schülers Hans Bär, 1903, ergeben haben, verhalten sich die verschiedensten *Veronica*-Arten, die ökologisch zum Teil unter recht ungleichen Verhältnissen leben, insoweit gleich wie *Veronica peregrina*, daß allgemein eine Förderung der Samenkeimung durch das Licht festzustellen ist. So scheinen für ein gleiches Verhalten der Samen gegenüber Licht und Dunkelheit, wenigstens vielfach, mehr die Verwandtschaftsverhältnisse als die ökologischen Eigentümlichkeiten der betreffenden Arten entscheidend zu sein.

13. Es wird auf Grund einer ausgedehnteren, durch Privatdozenten Dr. A. Wagner vorgenommenen Nachprüfung festgestellt, daß die von mir für die *Bromeliacee: Acanthostachys strobilacea*, an anderer Stelle vermutungsweise ausgesprochene Förderung der Samenkeimung durch Dunkelheit sich nicht bestätigt.

Über den Einfluß des Reises auf die Unterlage

von

Carl Mikosch (Brünn).

Eingelangt am 24. September 1907.

Die von E. Strasburger im Jahre 1885 mitgeteilte Beobachtung, daß in den Knollen einer mit *Datura Stramonium* verbundenen Kartoffelpflanze Atropin, wenn auch nur in minimalen Quantitäten sich nachweisen lasse[1]), bildet den Ausgangspunkt zweier von verschiedenen Forschern: V. Grafe, K. Linsbauer[2]), A. Meyer und E. Schmidt[3]) angestellten Untersuchungen, womit die Frage über die wechselseitige Beeinflussung von Edelreis und Unterlage, insbesondere was die chemischen Veränderungen in den beiden Symbionten betrifft, neuerdings zur Diskussion gestellt wurde.

Die Untersuchungsresultate der oben erwähnten Beobachter widersprechen sich: auf der einen Seite stehen Strasburger, Grafe und Linsbauer, die in der Unterlage nach der Pfropfung ein Alkaloid (Atropin-Nikotin), beziehungsweise eine Zunahme der in der Unterlage vorhandenen Alkaloidmenge nachgewiesen haben; auf der anderen Seite behaupten Meyer und Schmidt auf Grund ihrer Versuche, daß die Frage, ob Alkaloide (Hyoscyamin) aus dem Pfropfreis in die Unterlage wandern, einstweilen im negativen Sinne beantwortet werden müsse. Erwähnt sei hier noch, daß der Atropinnachweis Strasburgers, der übrigens nicht von ihm selbst,

[1]) E. Strasburger: »Über Verwachsungen und deren Folgen«. Ber. der Deutsch. bot. Ges. 1885, pag. 39.

[2]) V. Grafe und K. Linsbauer: »Über die wechselseitige Beeinflussung von *Nicotiana tabacum* und *N. affinis* bei der Pfropfung«. Ber. d. D. bot. Ges. 1906, pag. 366—371.

[3]) A. Meyer und E. Schmidt: »Die Wanderung der Alkaloide aus dem Pfropfreise in die Unterlage«. Ber. d. D. bot. Ges. 1907, pag. 131—137.

sondern von Dr. Klinger ausgeführt wurde, auch von Lindemuth, beziehungsweise Lewin angezweifelt wird [1]).

In Anbetracht der widersprechenden Angaben sowie um einen tieferen Einblick in die uns noch unbekannten Vorgänge, die sich nach der Pfropfung in den beiden Symbionten abspielen, zu gewinnen, führte ich einige Versuche durch, welche ich jedoch keineswegs als abgeschlossen betrachte, um eine endgültige Schlußfolgerung daraus zu ziehen, deren Resultate ich aber schon jetzt mitteilen will, da ich diesen, wenn auch keine ausschlaggebende Bedeutung beimessend, doch einiges Interesse nicht absprechen kann. Vielleicht können bei weiterer Fortführung der Versuche meine Beobachtungen mit etwas beitragen, das Dunkel, das noch über den Vorgängen der gegenseitigen Beeinflussung herrscht, einigermaßen aufzuhellen.

Von Molisch wurden in der Epidermis und in dem knapp unter der Epidermis liegenden assimilierenden Parenchym der flachen Laubsprosse verschiedener *Epiphyllum*-Arten eigentümlich gestaltete Inhaltskörper eiweißartiger Natur aufgefunden, die von ihrem Entdecker als Reservestoffe erklärt werden [2]). V. Chmielewsky bestätigt die Entdeckung von Molisch, stimmt letzterem, was die Eiweißnatur dieser Körper betrifft, bei, betrachtet diese jedoch nicht für Reservestoffe, sondern als Exkrete [3]). Ähnliche Inhaltskörper konnte ich in der Epidermis von *Oncidium mikrochilum* beobachten [4]). Wakker beschreibt für die Amaryllidee: *Tecophilaea cyanocrocus* ähnliche Bildungen [5]) und Heinricher gibt für das Rindenparenchym des Rhizoms von *Nepenthes melamphora* spindelförmige Eiweißkörper als Inhalt an. [6])

[1]) Lindemuth: »Über angebliches Vorhandensein von Atropin in den Kartoffelknollen infolge von Transplantation und über die Grenze der Verwachsung nach dem Verwandtschaftsgrade«. Ber. d. D. bot. Ges. 1906, pag. 428 bis 435.

[2]) Molisch: »Über merkwürdig geformte Proteinkörper von *Epiphyllum*«. Ber. d. D. bot. Ges. 1885.

[3]) V. Chmielewsky: »Eine Bemerkung über die von Molisch beschriebenen Proteinkörper in den Zweigen von *Epiphyllum*«. Bot. Zentralbl. XXXI, p. 117.

[4]) Mikosch: »Über ein neues Vorkommen geformten Eiweißes«. Ber. d. D. bot. Ges. 1890.

[5]) Wakker: »Ein neuer Inhaltskörper der Pflanzenzelle«. Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot., XXIII. Bd. 1892.

[6]) Heinricher: »Zur Biologie von *Nepenthes*, speziell der javanischen *N. melamphora*«. Reinw.: Extrait des Annales du jardin botanique de Buitenzorg. 2. Ser., Vol. V, 1906, pag. 282.

Die in unseren Gewächshäusern kultivierten *Epiphyllum*-Arten werden auf eine andere Kaktee, nämlich *Peireskia aculeata* gepfropft und letztere von den Gärtnern, soweit mir bekannt, nur zu den Zwecken der Pfropfung gezogen.

Ich habe im Oktober 1906 zu Demonstrationszwecken *Epiphyllum truncatum* untersucht, in welchem die Molisch schen Körper massenhaft auftraten. Bei dieser Gelegenheit wurde die Pflanze 1 *cm* unterhalb der Pfropfstelle dekapitiert und der stehengebliebene Stammstrunk von *Peireskia* bei gewöhnlicher Temperatur im Zimmer belassen. Nach fünf Wochen entwickelte der Stamm einen Seitensproß und Laubblätter von normaler Gestalt, doch sehr geringer Größe, was sich aus den im Arbeitszimmer herrschenden ungünstigen Vegetationsbedingungen und dem dadurch verlangsamten Wachstum erklären läßt. Die anatomische Untersuchung dieser Blätter ergab zu meinem größten Erstaunen in der Epidermis das Auftreten von Inhaltskörpern, die in ihren Gestalten, in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften mit den von Molisch beschriebenen *Epiphyllum*-Körpern vollständig übereinstimmten. In den normal ausgebildeten, ziemlich großen Blättern einer *Peireskia*, die, wie mir von seiten des Gärtners versichert wurde, in gar keiner Verbindung mit *Epiphyllum* gestanden war, suchte ich nach den charakteristischen Inhaltskörpern vergeblich. Auch Molisch konnte diese Körper in anderen Kakteen, darunter *Peireskia*, außer *Epiphyllum* nicht beobachten (l. c. pag. 196).

Es wurden nun Ende Oktober fünf Exemplare von *Epiphyllum truncatum* in der gewöhnlichen Weise auf *Peireskia* gepfropft und ins Warmhaus gebracht. Die Laubblätter der Peireskien waren, wie die Untersuchung lehrte, frei von den oben erwähnten Inhaltskörpern. Ebensowenig konnte ich in den Stammgeweben weder im Mark noch im Rindenparenchym irgendwelche charakteristische Proteinkörper auffinden.

Einige Tage nach der Pfropfung lösten sich die noch an der Unterlage vorhandenen Blätter los. Nach sechs Wochen konnte eine Weiterentwicklung des Reises bemerkt werden, ein Beweis, daß die Verwachsung nach der Pfropfung überall stattgefunden hatte. Im Mai 1907 hatten die *Epiphyllum*-Reiser zwei bis drei neue Flachsprosse ausgebildet, in deren Epidermis sich konstant die Molischschen Körper beobachten ließen. Nun wurden an drei Pflanzen die aufgesetzten Reiser unmittelbar unterhalb der Verwachsungsstelle abgenommen und die Unterlage weiter im Warm-

hause stehen gelassen. Nach drei Wochen entwickelten sich an diesen *Peireskia*-Stämmen Seitensprosse mit normal gestalteten Laubblättern, deren Größe nicht viel von solchen Blättern differierte, die an einer nicht gepfropften *Peireskia* zur Entwicklung kommen. Alle an dem dekapitierten Stamm zur Entwicklung gekommenen Blätter führen in ihrer Epidermis die charakteristischen Proteinkörper mit denselben Gestalten und denselben sonstigen Eigenschaften, wie sie Molisch für *Epiphyllum* beschreibt. Auch in den Stammgeweben dieser Sprosse, und zwar im Mark und dem Rindenparenchym, in letzterem in der Nähe des Phloemringes konnte ich vereinzelt spindelförmige und ringförmige Körper beobachten, während letztere in den an das Hautgewebe sich anschließenden Partien der Rinde durchweg zu fehlen scheinen.

Ich hatte mir auch ein *Epiphyllum*-Exemplar verschafft, an welchem neben wohlentwickelten Flachsprossen die Unterlage nach der Pfropfung einen Seitensproß mit Laubblättern gebildet hat. Auch dort führte die Blattepidermis die Molischschen Körper; in den Stammgeweben hingegen konnte ich in diesem Falle die in Rede stehenden Inhaltskörper nicht beobachten.

Die zwei noch übriggebliebenen *Epiphyllum*-Individuen, deren Reiser von der Unterlage nicht entfernt wurden und wo diese auch keine Seitensprosse gebildet hatten, verwendete ich zur Untersuchung des Stammes. Mark und Rindenparenchym sind reich an Stärke, einzelne Zellen sind jedoch stärkearm oder ganz frei von Stärkekörnern und von diesen Zellen ließ sich stets in jeder ein spindelförmiger Proteinkörper nachweisen.

Behufs Fortsetzung der Versuche bezog ich das weitere Pflanzenmaterial von Haage und Schmidt in Erfurt und trachtete von dort auch keimfähige *Peireskia*-Samen zu erhalten, da ich begreiflicherweise bestrebt sein mußte, aus Samen gezogene *Peireskia*-Individuen auf das Vorkommen der mich interessierenden Inhaltskörper zu untersuchen. Meinem Verlangen konnte Haage und Schmidt leider nicht entsprechen, da infolge einer vorjährigen Mißernte Samen nicht vorhanden waren. Aus Erfurt erhielt ich zehn kräftig vegetierende *Peireskia*-Pflanzen; in acht derselben führte die Epidermis der untersuchten Laubblätter die verschiedensten Gestalten der *Epiphyllum*-Körper: Spindeln, Ringe, stabförmige und schleifenförmige Bildungen. Nur in zwei Pflanzen — ich habe die Epidermis aller Blätter derselben an den verschiedensten Stellen untersucht — konnten nirgends irgendwelche charakteristische

Inhaltskörper gefunden werden. Auf eine an Haage und Schmidt bezüglich der Herkunft der Pflanzen gerichtete Anfrage hin wurde mir mitgeteilt, daß die mir gesandten Peireskien wahrscheinlich von Pflanzen abstammen, die früher einmal mit *Epiphyllum* gepfropft waren. Erwähnen will ich hier, daß ich versuchte, *Epiphyllum* auch mit *Peireskia Bleo* zu verbinden. Vier dieser Versuche mißlangen vollständig, bei dem fünften fand wohl eine Verwachsung statt, doch ging das *Epiphyllum*-Reis bald zugrunde.

Wenn ich die bisher mitgeteilten Beobachtungen zusammenfasse, so ergibt sich folgendes: *Peireskia aculeata* enthält weder in den Geweben des Laubblattes noch in jenen des Stammes Inhaltskörper, die mit den von Molisch in *Epiphyllum* entdeckten Proteinkörpern übereinstimmen. Wird jedoch *Epiphyllum* auf *Peireskia* gepfropft, so treten in den nach der Pfropfung zur Entwicklung gekommenen Blättern Inhaltskörper auf, die in jeder Hinsicht mit den Molischschen *Epiphyllum*-Körpern identisch sind. In den Geweben des *Peireskia*-Stammes ließen sich diese Körper nur dann in erheblicher Menge nachweisen, wenn die Blattentwicklung unterblieben ist. Es scheinen also die Laubblätter vorzugsweise der Ort zu sein, wo die in Frage stehenden Körper entstehen, beziehungsweise die Substanzen, aus welchen die Körper bestehen, sich zu den charakteristischen Gestalten organisieren können.

Bevor mir kein einwandfreies Untersuchungsmaterial zur Verfügung steht, kann ich nicht endgültig entscheiden, ob *Peireskia aculeata* nicht schon von vornherein die Fähigkeit besitzt, Inhaltskörper in gewissen Geweben zu bilden, die den bei *Epiphyllum* vorkommenden gleich sind. Soviel kann ich aber sagen, daß das Auftreten dieser Körper in *Peireskia* durch deren Verbindung mit *Epiphyllum* begünstigt wird. Es kann entweder eine Wanderung der diese Körper aufbauenden Verbindungen – ob diese Eiweißsubstanzen sind oder nicht, weiter ob sie physiologisch eine Rolle spielen, also Reservestoffe sind (Molisch), oder ob sie als Exkrete (Chmiliewsky) betrachtet werden können, lasse ich dahingestellt — aus dem *Epiphyllum*-Reis in die *Peireskia*-Unterlage und eine in letzterer vor sich gehende Organisation der Substanz zu den eigentümlichen Körpern stattfinden, oder es macht sich die Beeinflussung des Reises auf die Unterlage derart geltend, daß durch die Verbindung die Unterlage selbst befähigt wird, die betreffenden Körper neu zu bilden. Für eine Wanderung der chemischen Verbindungen und spätere Organisation derselben zu bestimmt ge-

stalteten Körpern mit spezifischer Struktur und spezifischen physikalischen Eigenschaften, welcher Vorgang vorzugsweise in den Blättern sich abspielen dürfte, spricht der Umstand, daß die Inhaltskörper in der Stammunterlage, vorzugsweise in der Nähe der Leitbündel auftreten, daß sie in beblätterten Sprossen gepfropfter und nachher dekapitierter Individuen in den Blättern in großer Zahl, in den Stämmen solcher Sprossen entweder gar nicht oder nur in geringer Menge auftreten. Allerdings steht der Annahme einer Wanderung die beobachtete Tatsache entgegen, daß das aufgepfropfte Reis in keinem Falle ärmer an diesen Körpern wird; es lassen sich dort stets diese Körper nachweisen, so daß also eine sichtbare Abnahme infolge von Wanderung sich nicht konstatieren läßt. Wohl wäre denkbar, daß der durch Wanderung erfolgte Verlust durch eine Neubildung der Substanz und Organisierung derselben zu den Körpern im Reis, das ja seine Lebenstätigkeit nicht unterbrochen hat, ersetzt wird. Zugunsten einer Neubildung der in Frage stehenden Körper in der Unterlage, angeregt durch die Verbindung mit *Epiphyllum* ließe sich die Tatsache anführen, daß die Inhaltskörper auch in Individuen auftreten, die möglicherweise schon mehrere Generationen hindurch von ihren Mutterpflanzen, das heißt mit *Epiphyllum* gepfropften Peireskien, getrennt sind. Es würde daher in diesem Falle die Fähigkeit, *Epiphyllum*-Körper aufbauende Substanzen zu bilden und letztere zu charakteristischen Gestalten zu organisieren, von *Epiphyllum* auf *Peireskia* übertragen worden sein, oder wenn die Untersuchung absolut reinen Materials ergeben sollte, daß *Peireskia* von vornherein diese Körper bilden kann (was nach Molisch' und meinen Beobachtungen nicht wahrscheinlich ist), würde diese Fähigkeit bei *Peireskia* durch die Veredlung gesteigert werden, in ähnlichem Sinne wie Grafe und Linsbauer die vermehrte Nikotinbildung in der Unterlage durch die Wirkung des nikotinreichen Edelreises erklären.

Nach Vöchting, dem wir die eingehendsten Untersuchungen über die bei der Pfropfung sich abspielenden Vorgänge verdanken [1], macht sich der gegenseitige Einfluß der beiden Symbionten keineswegs so weit geltend, daß die ihnen eigentümliche Natur geändert würde. »In allen genau beobachteten Verbindungen war das allgemeine Verhalten ihrer spezifischen Natur entsprechend.« (L. c. pag. 110.) Jene tief eingreifenden Einflüsse, deren Existenz andere Beobachter erschließen, bezeichnet Vöchting, soweit sie nicht Täuschungen sind, als Infektionseinflüsse und stellt diese als dritte Gruppe den

[1]) Vöchting: »Über Transplantation am Pflanzenkörper«. Tübingen 1892.

verschiedenen anderen Einflüssen, welche die Symbionten tatsächlich aufeinander ausüben: den Ernährungs- und korrelativen Einflüssen, gegenüber. Nur wenn ein tatsächlicher Beweis für die Existenz solcher Einflüsse, die so tief eingreifend sind, daß sie eine Umänderung in der morphologischen oder systematischen Form hervorrufen, gebracht ist, müßte man noch eine vierte Gruppe aufstellen, welche Vöchting als spezifische bezeichnen will. (L. c. pag. 112.) In später ausgeführten Versuchen, bei welchen der inulinhältige *Helianthus tuberosus* auf den inulinfreien *Helianthus annuus* gepfropft wurde, führte Vöchting den Nachweis, daß in die Unterlage keine Spur von Inulin eingedrungen sei, obwohl die Stämme des Reises von Inulin strotzten. Mit Bezug auf eine weitere Beobachtung, der zufolge sich auf *Helianthus annuus* nach der Pfropfung keine Knollenbildung einstellt, zieht Vöchting den Schluß, daß beide Pflanzen in der Verbindung ihre spezifische Natur bewahren und keine von der anderen einen ihren Artcharakter verändernden Einfluß erfährt[1]).

Ich bin mir wohl bewußt, daß meine Beobachtungen und Versuche keineswegs einwandfrei sind. Die Kürze der Zeit, innerhalb welcher die Versuche ausgeführt wurden, die relativ geringe Zahl der untersuchten Individuen und der Mangel eines aus Samen gezogenen Untersuchungsmaterials bieten Einwände genug, um meine Beobachtungen auf mögliche Täuschungen zurückzuführen. Nichtsdestoweniger halte ich an der Richtigkeit meiner Beobachtungen an dem von mir verwendten Material fest und muß, wenn ich auch Vöchting als Autorität ersten Ranges, insbesondere was die im obigen besprochenen Vorgänge betrifft, mit Überzeugung anerkenne und ich die großen Erfahrungen und das umfangreiche Wissen Vöchtings auf diesem Gebiete nicht besitze, der Annahme Ausdruck geben, daß das Auftreten von *Epiphyllum*-Körpern nach der Pfropfung in den Laubblättern der *Peireskia*-Unterlage durch einen **spezifischen** Einfluß verursacht wird.

Ich habe die Versuche in den Glashäusern der Stadt Brünn ausgeführt und erfülle die angenehme Pflicht, dem städtischen Gartendirektor in Brünn, Herrn A. Zenzinger, für seine freundliche Unterstützung den wärmsten Dank auszusprechen.

[1]) Vöchting: »Über die durch Pfropfen herbeigeführte Symbiose des *Helianthus tuberosus* und *Helianthus annuus*«. Sitzungsber. d. k. preuß. Akad. d. Wissensch., XXXIV, 1894.

Experimentelle Studien über die heliotropische Empfindlichkeit der Pflanzen

von

Wilhelm Figdor (Wien).

Eingelangt am 26. September 1907.

Wiesner ist gelegentlich seiner Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Lichtintensität und den durch diese verursachten heliotropischen Erscheinungen zu dem Resultat gelangt, »daß die heliotropischen Effekte unter den Bedingungen des Wachstums bei einer gewissen Intensität des Lichtes ihr Maximum erreichen; von hier an werden die heliotropischen Wirkungen sowohl bei Abnahme als Zunahme der Lichtstärke kleiner und erreichen endlich den Wert Null«[1]). Eine heliotropische Reaktion stellt sich dem Gesagten zufolge immer nur innerhalb einer bestimmten Helligkeitszone, welche von zwei Punkten begrenzt wird, ein. Der eine liegt für verschiedene Pflanzen bei einer verschieden niedrigen, der andere bei einer verschieden hohen Lichtintensität, welche gerade noch eine heliotropische Reaktion auszulösen imstande ist (untere und obere Grenze der heliotropischen Empfindlichkeit). Bei einer noch niedrigeren Lichtintensität bleibt jede heliotropische Bewegung aus; diesbezüglich sind sich alle Forscher einig; betreffs des Verhaltens von Pflanzen bei einer noch höheren Intensität des Lichtes liegen jedoch einander widersprechende Angaben vor.

Die untere Grenze der heliotropischen Empfindlichkeit wurde zuerst von Wiesner für verschiedene Organe einiger Pflanzen bestimmt und habe ich später Versuche nach gleicher Richtung hin für eine Reihe von Keimpflanzen durchgeführt[2]). Wiesner hat

[1]) J. Wiesner: »Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche«. Eine physiologische Monographie. Bd. I. Denkschriften der mathem.-naturw. Kl. der kais. Akademie der Wiss. in Wien. Bd. 39, pag. 173 ff. Bd. II ebendaselbst Bd. 43.

[2]) Figdor: »Versuche über d. heliotropische Empfindlichkeit d. Pflanzen«. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien. Mathem.-naturw. Kl., Bd. 102, Abt. I (1893). Die einschlägige Literatur ist ebendaselbst erwähnt.

hierauf, da von ihm seinerzeit nachgewiesen worden war, »daß bei niederen Lichtintensitäten alle Pflanzenorgane, selbst sehr lichtempfindliche, welche bei größeren Lichtstärken auch auf rot-orange reagieren, nur im stark brechbaren Lichte heliotropisch werden«[1]), für die vorliegenden Untersuchungen als Maß jener Lichtstärke, welche eben noch Heliotropismus hervorruft, die sogenannte »chemische Intensität« des Lichtes genommen und dieselbe in Bunsen-Roscoeschen Maßeinheiten für einige Fälle ausgedrückt[2]).

Nicht so ausführlich wie über die untere Grenze der heliotropischen Empfindlichkeit sind wir über die obere informiert. Außer Wiesner, welcher auch letztere für die epi- und hypocotylen Stengelglieder einiger Pflanzen sowie auch für die etiolierten Sprosse von *Salix* zahlenmäßig[3]) festgestellt hat, verdanken wir Oltmanns diesbezüglich interessante Angaben. Während Wiesner mit Gaslicht gearbeitet hat[4]), studierte Oltmanns den Einfluß eines Bogenlichtes (einer Projektionslampe) auf die Bewegungserscheinungen der Fruchtträger eines Pilzes (*Phycomyces*) und der Coleoptilen, respektive der Hypocotyle von der Gerste und Kresse. (Die beiden Phanerogamen wurden im normalen und etiolierten Zustande untersucht.) Derselbe Forscher fand, daß die Sporangienträger des *Phycomyces* bei einer Intensität von 14.000 bis 25.000 Hefnerlampen[5]), die Hypocotyle der etiolierten Kresse bei einer Intensität von 400.000 bis 500.000 H.-L., die Coleoptilen von *Hordeum* (auch im Dunkeln erzogen) bei einer noch etwas höheren Lichtintensität, nach annähernder Schätzung bei 5—600.000 Lichteinheiten gerade wachsen; die beiden letzterwähnten Keimpflanzen führten bei diesen Intensitäten manchmal auch ganz schwache positiv heliotropische Krümmungen aus, jedoch kamen außerdem, und zwar gar nicht selten, schwach negative Ausschläge zur Beobachtung, welche nach einigen Stunden (5—6) gewöhnlich in positive übergingen[6]). Bei einem Lichte von noch größerer Intensität, welche bezüglich des *Phycomyces* oben angegeben wurde, wandten

[1]) Wiesner, l. c., I. Teil, pag. 190.

[2]) Wiesner: »Versuch einer Bestimmung der unteren Grenze der heliotropischen Empfindlichkeit usw«. Öst. bot. Zeitschrift Jahrg. 1893, pag. 2 und 3 des Separatabdr. Daselbst die weiteren Literaturangaben.

[3]) Wiesner: Die heliotrop. Erscheinungen etc. l. c., I. Teil, pag. 180.

[4]) Wiesner, l. c., I. Teil, pag. 175.

[5]) Oltmanns: »Über positiven und negativen Heliotropismus«. Flora od. Allgem. bot. Ztg., Bd. 83 (1897), pag. 5 des Separatabdruckes.

[6]) Oltmanns, l. c., pag. 17 und 21.

sich die Fruchtträger dieses Pilzes stets von der Lichtquelle weg, sie zeigten negativ heliotropische Krümmungen[1]).

Oltmanns vertritt auf Grund dieser und anderer Beobachtungen[2]) die Ansicht, daß ein jedes Organ je nach der Lichtintensität, welcher es ausgesetzt ist, positiv oder negativ heliotropisch ist und es demnach eine Intensität geben muß, bei welcher jede heliotropische Reaktion ausbleibt, also ein Indifferenzzustand erreicht ist (nach Oltmanns Ausdrucksweise liegt daselbst das »Optimum«[3]), während Wiesner diesen Punkt als »obere Grenze der heliotropischen Empfindlichkeit« bezeichnet[4]). Für die normalen, grünen Pflanzen gelang es Oltmanns »nicht mehr die optimale Helligkeit festzustellen, weil diese viel höher gestimmt sind als die etiolierten; es läßt sich auch kaum erraten, wo hier die Lichtintensität zu suchen wäre, bei welcher positive wie negative Krümmungen aufhören, ja es kann sogar fraglich erscheinen, ob es jemals gelingen wird, Licht von hinreichender Intensität ohne Störung der Wärmestrahlen zu erzielen«[5]). Die Angaben Oltmanns betreffs der Lichtintensität, bei welcher die »obere Grenze der heliotropischen Empfindlichkeit« liegt, divergieren absolut genommen ganz beträchtlich von denen Wiesners. Letzterer zeigte daraufhin, daß die bei verschiedenen Lichtquellen erhaltenen Kardinalpunkte untereinander nicht ohne weiteres vergleichbar sind[6]).

Obwohl die seitens der beiden erwähnten Forscher gemachten Erfahrungen aus verschiedenen Gründen nicht besonders ermutigten, einer Bestimmung der Lage jener Zone, innerhalb welcher ein Indifferenzzustand herrscht[7]), eventuell der »oberen Grenze der heliotropischen Empfindlichkeit« näherzutreten, unternahm ich dies doch, indem ich an die Beobachtung Wiesners anknüpfte, daß die an der Grenze von violett und ultraviolett liegenden Strahlen für die heliotropischen Bewegungen die wirksamsten sind[8]). Es

[1]) Oltmanns, l. c., pag. 6.

[2]) Vgl. auch Oltmanns: »Über die photometrischen Bewegungen der Pflanzen«. Flora od. Allgem. bot. Ztg., Jahrg. 1892, pag. 183 ff.

[3]) Oltmanns: »Über positiven und negativen Heliotropismus«, l. c., pag. 20.

[4]) Wiesner: »Die heliotropischen Erscheinungen etc.«, l. c., pag. 177.

[5]) Oltmanns, l. c., pag. 22.

[6]) Wiesner: »Über die photometrische Bestimmung heliotropischer Konstanten«. Bot. Zentralbl., Bd. 69 (1897), Nr. 10.

[7]) Der Kürze halber werde ich in der Folge nur von der »Indifferenzzone« reden, nicht etwa von einem »Indifferenzpunkt«, da es einen solchen schon infolge der individuellen Variabilität der Keimpflanzen meiner Meinung nach nicht geben kann.

[8]) Wiesner: »Die heliotropischen Erscheinungen etc., l. c., pag. 190.

gelang mir, wie ich vorgreifend mitteilen will, ein Licht, und zwar das der in letzter Zeit konstruierten Quarzglasquecksilberlampe ausfindig zu machen, welches besonders reich an violetten und ultravioletten Strahlen ist[1]) und auch die Intensität desselben zahlenmäßig zu bestimmen, bei welcher die Keimachsen von verschiedenen normal kultivierten Pflanzen wie gewöhnlich negativ geotropisch wachsen, ohne irgendwelche besondere vom Lichte abhängige Krümmungen auszuführen, also für diese Organe die »Indifferenzzone« einem Lichtreiz gegenüber ausfindig zu machen. Dasselbe traf auch für die etiolierten Organe derselben Spezies zu, welche in einigen Fällen des Vergleiches halber zu den Versuchen herangezogen worden waren. Auffälligerweise ergab sich kein merklicher Unterschied bezüglich der Lage der Indifferenzzone zwischen normalen und etiolierten Pflanzen[2]). Auch soll hier nur kurz des Auftretens von negativ heliotropischen Krümmungen bei einigen sowohl im Licht als auch im Dunkeln herangezogenen Pflanzen und der die Pflanzen schädigenden Wirkungen der ultravioletten Strahlen (von einer bestimmten chemischen Intensität an) Erwähnung getan werden[3]).

Daß bei allen in der Folge zu besprechenden Erscheinungen die ultravioletten Strahlen eine besondere Rolle spielen[4]), erhellt meiner Meinung nach daraus, daß unter sonst gleichen Verhältnissen stets positiv heliotropische Krümmungen allein zu beobachten waren, wenn die Wirkung der ultravioletten Strahlen eliminiert wurde, was durch das Einschalten einer reinen, weißen Glasscheibe von der Dicke des Fensterglases[5]) zwischen der Lichtquelle und den Versuchsobjekten leicht erreicht werden konnte[6]).

[1]) Die optische Helligkeit war gering, wie wir noch sehen werden.

[2]) Derartige vergleichende Untersuchungen sollen übrigens noch in größerer Zahl angestellt werden.

[3]) Genauere Angaben hierüber werden an anderer Stelle gebracht werden. J. Loeb hat unter dem Einflusse der Strahlen einer Lampe derselben Art, mit welcher ich gearbeitet, auch negativ heliotropische Bewegungen an Larven von *Balanus*, ferner Süßwassercopepoden sowie Seewasser-*Gammarus* beobachtet. (Vgl. J. Loeb: »Über die Erregung von positivem Heliotropismus durch Säure, insbesondere Kohlensäure, und von negativem Heliotropismus durch ultraviolette Strahlen«. Pflügers Archiv für die ges. Physiologie. Bd. 115 [1906], pag. 564 [vom 17. Dezember].)

[4]) Vgl. Pfeffer, »Pflanzenphysiologie«, Bd. 2 (1904), pag. 579.

[5]) Dasselbe absorbiert alle Strahlen, deren Wellenlänge kleiner als 320 $\mu\mu$ ist. Nach freundlicher Mitteilung des Privatdozenten Dr. Haschek.

[6]) An eine Ablenkung der verschiedenen Organe von der normalen Wachstumsrichtung durch die infolge des Brennens der Lampe erzeugten Gase ist wohl nicht zu denken.

In den folgenden Zeilen möchte ich der Übersichtlichkeit halber voneinander getrennt die Versuchsanstellung sowie einen Auszug aus meinen Versuchsprotokollen und schließlich die Ergebnisse der Experimente zusammengefaßt mitteilen.

Versuchsanstellung.

Sämtliche Angaben beziehen sich, dies sei ein für allemal gesagt, nur auf die hypocotylen Stengelglieder von *Brassica oleracea*, *Amaranthus melancholicus ruber* (*Hortorum*), *Iberis amara*, *Lepidium sativum*, *Raphanus sativus*, *Sinapis alba*, *Lunaria biennis*, *Papaver paeoniflorum*, *Helianthus annuus*, *Centaurea Cyanus*, *Impatiens Balsamia*, auf die Epicotyle von *Vicia sativa* und die Coleoptilen (Keimscheiden) von *Avena sativa* und *Phalaris canariensis*[1]). Die Vorbereitung des Untersuchungsmaterials erfolgte in der Weise, daß Blumentöpfe (der Durchmesser dieser betrug zirka 6 *cm*) bis an den obersten Rand hinauf mit guter Gartenerde gefüllt[2]) und in dieser Dünnsaaten von den Pflanzen mit kleinen, zarten Samen hergestellt wurden. Die Samen von jenen Arten, welche stärkere Keimachsen besitzen, ließ ich nach dem Quellen in Wasser in Sägespänen ankeimen und dann reihenweise (schachbrettförmig) unter Berücksichtigung der Nutationsebene (*Vicia*[3]) in Töpfe (6—10 Indiv. in jedem) pikieren, so daß

[1]) Mein Bestreben war darauf gerichtet, durchaus mit denselben Arten zu experimentieren, für welche ich vor Jahren die untere Grenze der heliotropischen Empfindlichkeit bestimmt hatte, so daß eventuell zwei Kardinalpunkte zahlenmäßig bestimmt vorliegen würden. Leider konnte ich mein Vorhaben für manche Spezies infolge eines zu niedrigen Keimprozents trotz zahlreicher Versuche mit Saatgut von den verschiedensten Bezugsquellen nicht durchführen. Den Samen von *Vicia sativa L.* habe ich den interessanten Beobachtungen von Richter zufolge (vgl. O. Richter: »Über den Einfluß verunreinigter Luft auf Heliotropismus und Geotropismus«. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien. Mathem.-naturw. Kl., Bd. 115, Abt. 1, März 1906) von Haage & Schmidt in Erfurt bezogen; Kollege Dr. Richter hatte die Freundlichkeit, mir diese Firma brieflich bekanntzugeben, da in dessen Abhandlung bezüglich der Provenienz des Saatgutes, mit welchem er gearbeitet hat, nur »aus Deutschland« (l. c., pag. 274) angegeben ist. Der Samen der von derselben Firma gelieferten *Vicia villosa Roth.*, mit welcher ich auch gern gearbeitet hätte, keimte so schlecht, daß ich keine Versuche einleiten konnte.

[2]) Um eine direkte Belichtung der verschiedenen Organe der ganzen Länge nach zu ermöglichen.

[3]) J. Wiesner: Die undulierende Nutation . Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien. Mathem.-naturw. Kl., Bd. 77, Abt. 1, Jänner 1878. Bezüglich der *Avena*-Coleoptilen sei erwähnt, daß stets die Flanken belichtet wurden. Vgl. Rothert: Über Heliotropismus . Cohns Beiträge, Bd. 7 (1894), pag. 25.

mehrere Pflanzen gleichzeitig dem Einflusse des Lichtes ausgesetzt werden konnten.

Die normalen Kulturen wurden in großen, luftigen, sehr hellen, mit Oberlicht versehenen Räumen gehalten, in welchen annähernd dieselbe Temperatur und der gleiche Feuchtigkeitsgehalt der Luft herrschte wie in der später zu beschreibenden Dunkelkammer, in welcher die Versuche durchgeführt wurden. Um möglichst gerade Individuen zu den Experimenten verwenden zu können, umgab ich die am Lichte heranwachsenden Pflanzen, obwohl das meiste Licht, wie schon erwähnt, von oben kam, noch mit einem aus schwarzem Blech oder ebensolcher Pappe gefertigten Mantel von quadratischem Querschnitt (die Länge einer Seite betrug 60 *cm*, die Höhe zirka 75 *cm*). Auf diese Weise wirkte das Licht und die Schwerkraft in demselben Sinne ein und konnte ich die Zuhilfenahme eines Klinostaten vermeiden, welcher unvermeidlich Erschütterungen mit sich bringt[1]) und infolge dieser die Sensibilität der Keimpflanzen beeinflussen kann. Auch die Dunkelkulturen wurden in den eben erwähnten Räumlichkeiten unter großen Zinkblechstürzen gehalten; Licht konnte in diese von den Rändern aus nicht eintreten, da der Boden mit feuchtgehaltenem Sand bedeckt war, in welchen die Stürze eingerieben erschienen.

Die heliotropischen Versuche selbst wurden in einer 10·5 *m* langen, 2·25 *m* breiten und 3 *m* hohen, innen grauschwarz (geruchfrei) angestrichenen Dunkelkammer ausgeführt; an der der Eingangstür gegenüberliegenden Seite ließ ich vom Fußboden ausgehend eine 0·75 *m* lange und ebenso breite Schubtür anbringen, so daß der Raum vor der Versuchsanstellung durch Gegenzug gründlich gelüftet werden konnte; zudem ist ebendaselbst im Plafond eine kreisrunde Öffnung mit einem Durchmesser von 10 *cm* ausgeschnitten, welche stets offen gehalten wird. (Der Zutritt von Tageslicht ist durch ein der Öffnung aufgesetztes zickzackförmig gebogenes Rohr ausgeschlossen.) Die konstante Durchlüftung des Raumes war insbesondere deshalb notwendig, weil sich gleich nach dem Inbetriebsetzen der Lampe im Raume Ozon durch seinen charakteristischen Geruch bemerkbar machte. Gasauslässe befinden sich keine in der Dunkelkammer, die Erwärmung des Raumes wird, wenn notwendig, durch eine Niederdruckdampfheizung bewerkstelligt. Ich erwähne all dies

[1]) Vgl. Harreveld: »Die Unzulänglichkeit der heutigen Klinostaten für reiz-physiologische Untersuchungen«. Recueil des Travaux Bot. Neerlandais. Vol. III, pag. 173 (1907).

deshalb, um darzulegen, daß die bei gewissen physiologischen Versuchen sicherlich aufgetretenen Fehlerquellen, welche wir durch die ausführlichen Untersuchungen von Richter[1]) kennen gelernt haben, nach Tunlichkeit ausgeschaltet erscheinen.

Die Lufttemperatur im Versuchsraume schwankte zwischen 17 und 22° C; dieselbe war nach einstündigem Brennen der Quarzglasquecksilberlampe in einer Entfernung von 20 *cm* vom Leuchtrohre um 4 bis 4·5° C höher als die der Umgebung. Die berußte Thermometerkugel zeigte eine nur um ein weniges höhere Temperatur an als wie die gewöhnliche. Betreffs des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft sei ganz allgemein erwähnt, daß derselbe eher niedrig als hoch war.

Als Lichtquelle, deren Einfluß auf die Wachstumsbewegungen der Keimpflanzen studiert wurde, diente bei einigen Experimenten[2]) anfangs eine elektrische Bogenlampe, in deren Kohlen mit Eisensalzen durchtränkte Dochte eingeführt worden waren. Das Licht dieser ist verhältnismäßig reich an violetten und ultravioletten Strahlen. Da jedoch ein derartiger Beleuchtungskörper nicht konstant mit derselben Intensität brannte und außerdem in der Nähe des Lichtbogens eine große Wärmeentwicklung, welche die Untersuchungsobjekte schädigte, stattfand, arbeitete ich in der Folge mit einer von W. C. Heraeus in Hanau konstruierten Quarzglasquecksilberlampe, die für 220 Volt Netzspannung eingerichtet war und unter den verschiedenen Konstruktionen am reichsten an ultravioletten Strahlen ist[3]). Wenn beim Zünden der Lampe ca. 35 Ohm Widerstand vorgeschaltet werden, beträgt nach Bildung des Lichtbogens die Elektrodenspannung ca. 25 Volt, die Stromstärke 5·5 Ampère. Überläßt man die Lampe sich selbst, so steigt mit der allmählichen Erwärmung des Quecksilbers infolge Steigerung des Dampfdruckes die Spannung auf ca. 80 Volt, die Stromstärke sinkt auf ca. vier Ampère[4]).

---

[1]) Richter: vgl. pag. 291. Bei dieser Gelegenheit möchte ich erwähnen, daß meine Versuche »über Heliotropismus und Geotropismus der Gramineenkeimlinge« (Ber. d. Deutschen bot. Ges., Bd. 23 [1905]) stets in gut gelüfteten Räumen (auch in der unten bezeichneten Anstalt) ausgeführt wurden. Die Fußnote 1 auf Seite 311 der Richterschen Arbeit veranlaßt mich zu dieser Bemerkung.

[2]) Dieselben wurden schon im Frühjahre 1905 seitens des Herrn stud. tech. Rind unter meiner Leitung durchgeführt.

[3]) Die Gleichstromanlage wurde seitens der Internat. Elektrizitätsgesellschaft in Wien hergestellt und danke ich diesbezüglich speziell Herrn Ingenieur Karl Satori bestens für seine Bemühungen.

[4]) Diese Angaben sind der der Lampe beigegebenen Beschreibung von W. C. Heraeus entnommen.

Näheres betreffs der elektrischen Charakteristik des Beleuchtungskörpers erfährt man aus den Untersuchungen von Küch und Retschinsky[1], hinsichtlich der von der Lampe erzeugten Strahlen verweise ich der Kürze halber auf den »Atlas der Emissionsspektren der meisten Elemente« von August Hagenbach und Heinrich Konen (bei Fischer, Jena 1905) sowie auf die Arbeiten von Exner und Haschek[2]. Was die mittlere räumliche Lichtstärke anbelangt, so sei erwähnt, daß dieselbe bei einer Elektrodenspannung von 180 Volt und ca. vier Ampère ungefähr 2600 Hefnerkerzen beträgt[3]. Ich habe mich nicht damit befaßt, die optische Helligkeit obiger Lampe für die Spannung und Stromstärke, bei welcher ich gearbeitet habe, in einer gewissen Entfernung bei einem bestimmten Punkte zahlenmäßig festzustellen, da dies halbwegs genau durchzuführen aus verschiedenen Gründen sehr schwer möglich, fast unmöglich ist[4]. Eine Bestimmung der optischen Helligkeit war um so weniger erforderlich, da wir durch Wiesner wissen, daß an dem Zustandekommen der heliotropischen Krümmungen hauptsächlich die stark brechbaren, chemisch wirksamen Strahlen beteiligt sind. Ich habe nur die Intensität dieser bestimmt, und zwar nach der von Wiesner in die Wissenschaft eingeführten modifizierten Bunsen-Roscoeschen Methode[5]. Es wurden im ganzen zur Zeit, während welcher Versuche liefen, an verschiedenen Tagen zwölf Reihen von Bestimmungen gemacht, und zwar bildet jede Reihe den Durchschnitt von fünf Bestimmungen. Die chemische Intensität schwankte im äußersten Falle bei einem Meter Entfernung von der Lichtquelle zwischen 0·055 und 0·077 Bunsen-Roscoeschen Einheiten und ergab, im Durchschnitte genommen, ebendaselbst eine chemische Intensität (i) = 0·065. Nach dem Satze, daß die Intensitäten umgekehrt proportional sind den Quadraten ihrer Entfernung,

[1]) Küch und Retschinsky: »Photometrische und spektralphotometrische Messungen am Quecksilberlichtbogen bei hohem Dampfdruck«. Ann. der Physik, Bd. 20, vierte Folge 1906, pag. 563. Daselbst finden sich auch einige andere die Lampe betreffende Einzelheiten mitgeteilt.

[2]) Exner und Haschek: »Wellenlängetabellen für spektralanalytische Untersuchungen«. Deuticke 1902.

[3]) Nach Angaben von W. C. Heraeus.

[4]) Vergl. K. Satori: Untersuchungen auf dem Gebiete der Photometrie«. Elektrotechnik u. Maschinenbau, Org. d. elektrotechn. Vereines in Wien 1906 (Heft 12).

[5]) Vergl. diesbezüglich Wiesner: »Der Lichtgenuß der Pflanzen«. W. Engelmann, (Leipzig) 1907, pag. 10 ff. Den Einserton, mit welchem ich gearbeitet habe, verdanke ich der Güte des Herrn Hofrat Wiesner.

wurden sodann für die verschiedenen Entfernungen die Intensitäten in Bunsen-Roscoeschen Einheiten berechnet; es betrug demnach die chemische Intensität (i) in einer Entfernung von

20 *cm*	vom Leuchtrohr	(I)	1·625	Bunsen-Roscoesche	Einheiten
30 „	„ „	(II)	0·722	„	„ „
40 „	„ „	(III)	0·406	„	„ „
60 „	„ „	(IV)	0·180	„	„ „
100 „	„ „	(V)	0·065	„	„ „
150 „	„ „	(VI)	0·028	„	„ „

wenn man von einer Absorption der chemisch wirksamen Strahlen durch die Atmosphäre absieht.

Der Einfachheit halber werde ich in der Folge, anstatt die chemischen Lichtintensitäten selbst anzugeben oder zu sagen »in einer Entfernung von 20 *cm*, 30 *cm* etc. von der Lichtquelle«, nur die römischen Zahlen I—VI gebrauchen.

Wenn die Lampe eingebrannt war[1]), wurden die Licht- und Dunkelkulturen nach dem Ausschneiden von trotz der angewendeten Vorsichtsmaßregeln eventuell krummgewachsenen oder auch zu dicht stehenden Keimlingen[2]) bei Lichtabschluß rasch in die Dunkelkammer getragen und die Mittelpunkte der Töpfe in den angegebenen Entfernungen dem Leuchtrohr gegenüber derart aufgestellt, daß dasselbe und die halbe Höhe der Keimpflanzen sich annähernd in einer Horizontalen befanden[3]). Da Vorversuche gezeigt hatten, daß die Keimlinge in den meisten Fällen schon infolge einer einstündigen Bestrahlung eine deutliche Reaktion aufwiesen, erstreckte ich die Versuchsdauer nur auf die erwähnte Zeit (ungefähr), um gleichzeitig auch einer Änderung in der »Lichtstimmung«[4]) der Versuchsindividuen möglichst vorzubeugen. Nach Abbruch der Belichtung blieben sämtliche Pflanzen in der Dunkelkammer und wurden nach einer Zeit, welche aus den Versuchsprotokollen zu ersehen ist[5]), neuerlich beobachtet, um eventuelle Nachwirkungserscheinungen kennen zu lernen; diese allein waren für mich maßgebend für die Bestimmung der Indifferenzzone bei den einzelnen Arten.

[1]) Küch und Retschinsky, l. c., pag. 566.

[2]) Um eine gegenseitige Beschattung auszuschließen.

[3]) Die einzelnen Töpfe wurden des Schattens halber schachbrettförmig aufgestellt.

[4]) Oltmanns: »Über die photometrischen Bewegungen der Pflanzen«. Flora od. Allgem. bot. Zeitung, Jahrg. 1892, pag. 190.

[5]) Wenn nichts anderes angegeben ist, nach 24 Stunden.

Versuche.

Lepidium sativum.

1. Versuchsreihe. Höhe der Keimlinge 2—3 *cm*. Beginn des Versuches 10 Uhr 26 Minuten a. m. Nach 6 Minuten bei I vorne[1]), Beginn der negativen Krümmung. Nach genau einstündiger Belichtung[2]) I negativ (∢ 40 — 45°, rückwärts ∢ 40°), II negativ (∢ 30°), rückwärts schwach positiv (wohl infolge der durch Beschattung hervorgerufenen geringeren Lichtintensität), III schwach positiv oder negativ gekrümmt oder gerade. Bei IV, V und VI alle Pflanzen in verschieden starkem Maße positiv heliotropisch. 24 Stunden später: I teils zugrunde gegangen[3]), teils negativ (∢ 45°), II negativ (∢ 45°), rückwärts schwach positiv, III schwach positiv gekrümmt oder gerade, IV, V und VI wie tags zuvor. Nach weiteren 2 Tagen waren sämtliche Keimlinge bei I und bei II vorn zugrunde gegangen; alle anderen Pflanzen zeigten ein gesundes Aussehen und normales Wachstum. Indifferenzzone zwischen II und III.

2. Versuchsreihe. Höhe der Keimpflanzen 1·6—2 *cm*. Beginn der Belichtung 11 Uhr 1 Minute a. m. Bei I nach 7 Minuten vorne deutliche negative Krümmung (∢ 10—15°). Nach 65 Minuten andauernder Bestrahlung I negativ (∢ 50°), rückwärts war die Krümmung etwas schwächer, II negativ (∢ 30°), in der rückwärtigen Hälfte des Blumentopfes schwach negativ oder gerade, III teils schwach positiv, teils schwach negativ oder gerade[4]). Nach 23 Stunden bei I vordere Keimpflanzen zugrunde gegangen, rückwärtige negativ

---

[1]) Da die Keimlinge in ein und demselben Topfe nicht selten ein verschiedenes heliotropisches Verhalten zeigten, sollen zur näheren Angabe die in der der Lichtquelle zugewendeten Hälfte der Kulturgefäße befindlichen Versuchsobjekte mit »vorne«, die in der abgewendeten mit »rückwärts« bezeichnet werden. Wenn Gegensätze zu bemerken sind, werde ich das »vorne« der Kürze halber gar nicht erwähnen.

[2]) Es wurden gewöhnlich von 15 zu 15 Minuten (ungefähr) Beobachtungen über den Verlauf der heliotropischen Krümmungen angestellt, jedoch glaube ich dieselben hier nicht besonders anführen zu müssen.

[3]) Vergl. diesbezüglich E. Hertel: »Über Beeinflussung des Organismus durch Licht, speziell durch die chemisch wirksamen Strahlen.« Vergleichende physiologische Untersuchungen. Zeitschrift für allgem. Physiologie, Bd. 4 (1904), pag. 1.

[4]) Um nicht zu breit zu werden, werde ich hier wie auch bei allen folgenden Versuchspflanzen die positiv heliotropischen Krümmungen, welche bei einer niedrigeren chemischen Lichtintensität, als sie innerhalb der Indifferenzzone herrschte, stets naturgemäß in verschiedenem Grade zu bemerken waren, nicht mehr erwähnen.

(∢ 45°), bei II negativ (∢ 30—40°), bei III schwach positiv oder negativ gekrümmt oder gerade. Zwei Tage später waren die Pflänzchen bei I nahezu alle, bei II nur vorne abgestorben, alle übrigen gesund. Indifferenzzone bei III.

3. Versuchsreihe. Beginn derselben 10 Uhr 53 Minuten a. m. Höhe der Versuchsobjekte 2, 2—3 *cm*. Nach 1 Stunde bei I vordere Keimpflanzen negativ (nahezu parallel zu den einfallenden Lichtstrahlen, rückwärtige unter einem Winkel von 45°), II teils gerade, teils schwach positiv oder negativ, III schwach positiv gekrümmt oder gerade. Um 10 Uhr a. m. des nächsten Tages I sämtlich negativ (die vorderen geschädigt), II teils schwach negativ, teils gerade, III gerade, einige auch schwach positiv gekrümmt. Indifferenzzone zwischen II und III.

4. Versuchsreihe. Höhe der Keimlinge 1·5—2 *cm*. Beginn des Versuches 10 Uhr 25 Minuten. Bei I nach 8 Minuten Eintritt der negativen Krümmung. Eine Stunde später I negativ (∢ 60—70°, rückwärts 15—30°), II noch schwächer negativ, manche gerade, III teils gerade, teils schwach positiv gekrümmt. Nach 24 Stunden nahezu dasselbe Bild, bei I waren die vorderen Keimlinge zugrunde gegangen. Indifferenzzone zwischen II und III. Von der Publikation einer weiteren Versuchsreihe, welche ganz dasselbe wie die letzterwähnte lehrte, sehe ich ab.

Dunkelkulturen.

5. Versuchsreihe[1]). Höhe der Keimlinge 2—3 *cm*. Erst nach 18 Minuten bei I vorne Beginn der negativen Krümmung (∢ 20°), sonst alle Keimlinge gerade. Nach einstündiger Belichtung bei I alle negativ (∢ 30°), bei II und III schwach positiv oder negativ gekrümmt oder gerade, IV, V und VI positiv heliotropisch. 24 Stunden später dasselbe Bild. Indifferenzpunkt zwischen II und III.

6. Versuchsreihe[2]). Höhe der Pflanzen 1·5—2·5 *cm*. Nach 62 Minuten lang andauernder Bestrahlung I negativ (∢ 30°), II ebenso (∢ 10°), III teils schwach positiv gekrümmt, teils gerade. Indifferenzzone zwischen II und III.

7. Versuchsreihe. Höhe der Keimlinge 2·2—3·5 *cm*. Versuchsbeginn 11 Uhr 23 Minuten a. m. I nach einer Stunde negativ ge-

[1]) Parallel mit der 1. Versuchsreihe durchgeführt. Es wurden zu diesen Parallelversuchen hauptsächlich nur solche Keimlinge verwendet, welche in der gleichen Zeit dieselbe Höhe wie die normalen Pflanzen erreicht hatten.

[2]) Parallel mit der 4. Versuchsreihe durchgeführt.

krümmt (∢ 45°), II ebenso (∢ 25°), drei Keimlinge schwach positiv. III teils schwach positiv, teils schwach negativ gekrümmt, teils gerade. Fünf Stunden später zeigte die Versuchsreihe dasselbe Bild. Indifferenzzone bei III.

Vicia sativa.

1. Versuchsreihe. Höhe der Keimpflanzen 1·5—2 *cm*. Beginn des Versuches 4 Uhr 25 Minuten p. m. Um 5 Uhr 20 Minuten sind alle Pflanzen bis auf diejenigen bei I, welche durchaus gerade erscheinen, in verschieden starkem Grade deutlich positiv gekrümmt. Um 9 Uhr 20 Minuten a. m. des nächsten Tages sind bei I 8 Individuen ganz gerade, 3 schwach positiv, bei II 3 schwach positiv, 2 schwach negativ, 6 gerade, bei III 6 schwach negativ, 2 positiv, 1 gerade, bei IV 3 schwach negativ, 2 schwach positiv, 4 gerade, in noch größerer Entfernung von dem Leuchtrohr alle deutlich positiv gekrümmt. Die Pflanzen zeigten ein durchaus gesundes Aussehen, auch nach weiteren 24 Stunden. Indifferenzzone zwischen I—IV.

2. Versuchsreihe. Höhe der Keimlinge 1·4—2 *cm*. Beginn des Versuches 11 Uhr 28 Minuten a. m. Nach einstündiger Belichtung waren alle Pflanzen bei I und II vollkommen gerade geblieben, bei III 5 schwach positiv gekrümmt und 2 gerade. Nach Verlauf von 24 Stunden erscheinen die Versuchsobjekte bei I vollkommen gerade, bei II 4 gerade, je eine Pflanze positiv und negativ, bei III 2 negativ gekrümmt und 5 gerade [1]). Indifferenzzone zwischen I—III.

3. Versuchsreihe. H. = 2 *cm*. Beginn des Versuches 12 Uhr 13 Minuten p. m. Um 1 Uhr 17 Minuten erscheinen bei I 4 Exemplare gerade, 2 zeigen eine Andeutung von positivem Heliotropismus, bei II sind alle gerade, bei III die eine Hälfte der Versuchspflanzen (3) gerade, die andere schwach positiv gekrümmt. Am nächsten Tage (11 Uhr 30 Minuten) bemerkt man an den Keimlingen bei I und II eine S-förmige Krümmung, derart, daß der jüngst zugewachsene Teil der Achse positiv und die darunter befindliche Partie negativ gebeugt erscheint; bei III sind 2 Keimlinge gerade, 4 positiv gekrümmt (∢ 20°). Indifferenzzone zwischen I und III.

4. Versuchsreihe. H. = 2 — 3 *cm*. Beginn der Belichtung 4 Uhr 53 Minuten p. m. Nach einer Stunde sind die Pflanzen bei I gerade, rückwärts positiv (∢ 10°), bei II positiv (∢ 10—15°), bei III ebenso

[1]) Bei V und VI zeigte je ein Keimling noch eine schwach negativ heliotropische Krümmung.

unter einem Winkel von 30° gekrümmt. Am nächsten Vormittage (10 Uhr 25 Min.) sind die Keimlinge bei I gerade oder schwach negativ, bei II und III teils schwach positiv, teils schwach negativ gebeugt. Indifferenzzone zwischen I und III. Auch nach Verlauf von 5 Tagen sahen die Pflanzen ganz normal aus.

5. Versuchsreihe. H. = 1·5—2·5 *cm*. Beginn des Versuches 3 Uhr 43 Minuten p. m. Nach einer Stunde 5 Minuten sind die Pflanzen bei I teils gerade, teils schwach positiv, in weiterer Entfernung von der Lichtquelle durchaus in verschieden starkem Grade positiv gekrümmt. Nach Verlauf von 24 Stunden sind von den Keimlingen bei I 4 gerade, 2 schwach negativ, bei II 2 gerade, 4 schwach negativ, bei III je 3 schwach positiv und negativ, 1 gerade, bei IV 4 schwach positiv, 2 schwach negativ, bei V je 3 schwach positiv und negativ, bei VI alle positiv gekrümmt. Indifferenzzone ?

Sämtliche Pflanzen entwickelten sich normal weiter. Bei den dem Leuchtrohre zunächst befindlichen Pflanzen war die belichtete Seite braunrot geworden.

Dunkelkulturen.

Im ganzen wurden fünf Versuchsreihen durchgeführt, welche, da sie durchaus ein übereinstimmendes Resultat lieferten, nicht besonders angeführt werden sollen. Eine einstündige Belichtung bewirkte in keinem einzigen Falle an den in den verschiedenen Entfernungen (I—VI) von dem Leuchtrohre aufgestellten Pflanzen das Auslösen einer heliotropischen Reaktion. Sämtliche Pflanzen waren am Ende des Experiments ebenso gerade wie zu Beginn desselben. Nach Verlauf von 24 Stunden zeigten die Keimlinge auf der ganzen Linie teils ganz schwache Krümmungen zum Lichte, wie auch vom Lichte, teils blieben sie gerade, ohne daß irgendwelche durchgreifende Gesetzmäßigkeit zu bemerken gewesen wäre. Ob die eingetretenen Krümmungen als heliotropische oder als spontane Nutationen aufzufassen sind, lasse ich dahingestellt. Vielleicht sind auch die Individualitätsschwankungen bei dieser Spezies derartig große, daß es nicht gelang, die Indifferenzzone ausfindig zu machen.

Amaranthus melancholicus ruber (*Hortorum*).

1. Versuchsreihe. H. = 2 – 2·5 *cm*. Beginn des Versuches 4 Uhr 9 Minuten a. m. Um 4 Uhr 45 Minuten bei I (vorne) Beginn der negativen Krümmung; um 5 Uhr 40 Minuten Keimlinge ebendort zugrunde gehend, rückwärts gerade, bei II und III vorne schwach negativ gekrümmt, hinten gerade, bei IV gerade. Am nächsten

Nachmittag (3 Uhr) waren die Keimlinge bei I zugrunde gegangen, bei II vorn ebenso, rückwärts hingegen gerade oder positiv (∢ 20°) gekrümmt. III zeigte nur mehr positiv heliotropische Krümmungen (∢ 20—25°). Indifferenzzone in der Nähe von II.

2. Versuchsreihe. H. = 2—2·8 *cm*. Dauer der Beleuchtung 1 Stunde 3 Minuten (ab 11 Uhr 35 Minuten a. m.). Nach dieser Zeit waren die Keimpflanzen bei I durchaus schwach negativ gekrümmt, ebenso bei II in der der Lichtquelle zugewendeten Hälfte des Kulturgefäßes, in der abgewendeten Hälfte hingegen wie auch bei III blieben sie gerade, ebenso bei IV vorn; rückwärts war schon eine schwache positive Krümmung wahrnehmbar. Nach Verlauf von 24 Stunden waren die der Lichtquelle zunächst befindlichen Keimpflanzen bei I abgestorben, die rückwärts befindlichen gerade oder schwach positiv gekrümmt, während diejenigen bei II, III, IV durchaus schwache, positive Krümmungen zeigten. Indifferenzzone zwischen I und II.

3. Versuchsreihe. H. = 1·5 *cm*. Dauer des Versuches von 11 Uhr 40 Minuten bis 12 Uhr 42 Minuten. Zu letztangegebener Zeit zeigten die Versuchspflanzen ein ganz ähnliches Verhalten, wie ich es bei Versuch Nr. 2 beschrieben habe. Am nächsten Tage um 10 Uhr 30 Minuten a. m. waren die bei II und III befindlichen Keimpflanzen gerade oder auch schwach positiv gekrümmt. Die Indifferenzzone befindet sich zwischen II und III.

Eine 4. Versuchsreihe wies dieselbe Lage des Indifferenzpunktes wie die vorhergehende auf.

Dunkelkulturen.

Bei der 4. Versuchsreihe [1]) (H. = 2—2·8 *cm*) blieben die Keimlinge die gleiche Zeit wie oben angegeben exponiert, bei I und II teils gerade, teils hatten sie sich negativ gekrümmt, bei III erfolgte keine Reaktion dem Lichtreiz gegenüber. Nach 24 Stunden waren bei II gerade oder auch schwach positiv heliotropische Pflanzen, bei III nur letztere zu beobachten. Indifferenzpunkt befindet sich bei II. Die in einer Entfernung von 17—20 *cm* von dem Leuchtrohr aufgestellten etiolierten Keimpflanzen waren ebenso wie die normalen gewöhnlich zur Zeit der letzten Beobachtung oder einen Tag später abgestorben, manchmal auch einige der bei II vorne exponierten.

Bei 2 weiteren Versuchsreihen (H. = 1—2 *cm*) waren die bei II und III aufgestellten Keimlinge nach einstündiger Belichtung und

[1]) Parallel ausgeführt mit der zweiten.

ebenso am nächstfolgenden Tage teils zum Lichte, teils von demselben weggekrümmt, teils blieben sie gerade. Die Indifferenzzone liegt daher zwischen II und III.

Avena sativa.

3 Versuchsreihen (2 mit normalen, 1 mit etiolierten Pflanzen) wurden ausgeführt. H. = 1·5—2 *cm*. (Die Coleoptilen waren nirgends von dem ersten Laubblatte durchbrochen.) Eine einstündige Belichtung rief in allen Fällen eine deutliche positive Krümmung hervor, welche in nächster Nähe des Leuchtrohres (bei I) am schwächsten war und daselbst auch am spätesten eintrat.

Nach Verlauf von 24 Stunden waren die heliotropischen Krümmungen noch deutlicher ausgesprochen wie tags zuvor. Die Laubblätter hatten überall die Keimscheiden durchbrochen. Die Indifferenzzone konnte nicht ermittelt werden.

Phalaris canariensis.

Im ganzen wurden 3 Versuchsreihen durchgeführt. H. = 1·5—2 *cm*. Die Coleoptilen waren von der 1. Blattspreite nirgends durchbrochen. Nach einstündiger Versuchsdauer (vormittags) waren die Pflanzen bei I schwach, aber deutlich negativ, bei II sehr wenige schwach negativ, die Mehrzahl schwach positiv heliotropisch gebeugt oder gerade. Eine 4. Versuchsreihe, mit etiolierten Keimlingen ausgeführt, zeigte ein ähnliches Bild wie eben erwähnt, nur verhielten sich die Pflanzen auch bei III ebenso wie bei II. 24 Stunden später waren bei allen Versuchen in den verschiedenen Entfernungen von dem Leuchtrohr (I—VI) nur positive Krümmungen zu beobachten. Die Indifferenzzone konnte demnach nicht bestimmt werden, scheint aber bei einer nur etwas höheren chemischen Intensität, als die war, bei welcher gearbeitet wurde, zu liegen. Die Spitzen der Coleoptilen erschienen zu letztangegebener Zeit etwas eingetrocknet und dunkelrot gefärbt. In einem Falle zeigten die 20 *cm* von dem Leuchtrohr entfernten Keimlinge an den Spitzen der Coleoptilen eine Ausscheidung einer rotgefärbten Flüssigkeit [1]), welche man durch Filtrierpapier leicht aufsaugen konnte, während bei den in anderen Distanzen befindlichen Pflanzen sich nur die gewöhnliche Erscheinung der Guttation eingestellt hat.

[1]) Der Zellsaft soll mit Anthokyan nicht identisch sein. Vgl. Richter: »Über Anthokyanbildung in ihrer Abhängigkeit von äußeren Faktoren.« Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte. 78. Versammlung zu Stuttgart 1906, II. Teil, Naturw. Abteilungen, pag. 277.

Sinapis alba.

Dauer der Belichtung: 1 Stunde (ungefähr). Die Pflanzen blieben sodann 23 Stunden in der Dunkelkammer.

1. Versuchsreihe. H. = 2·5—3·5 *cm*. Die Indifferenzzone befindet sich bei III.

2. Versuchsreihe. H. = 2—2·8 *cm*. Die Indifferenzzone liegt zwischen II und III.

3. und 4. Versuchsreihe. H. = 2·5—3·5 *cm*. Die Indifferenzzone liegt zwischen II und III.

5. Versuchsreihe[1]). H. = 2·5—3·5 *cm*. Die Indifferenzzone liegt zwischen II und III.

Die Indifferenzzone liegt demnach für normale und einem Versuche nach auch für etiolierte Pflanzen zwischen II und III. Die bei I befindlichen Pflanzen waren 24 Stunden nach Beendigung des Versuches durchaus zugrunde gegangen (drei Tage später waren auch noch einige der Keimlinge in der vorderen Hälfte der Kulturgefäße bei II abgestorben), während alle anderen ein normales Aussehen zeigten.

Raphanus sativus.

1 Stunde belichtet. H. (bei allen 3 Versuchsreihen) = 3—4 *cm*.

1. Versuchsreihe. Die Indifferenzzone liegt bei II.

2. und 3. Versuchsreihe. Die Indifferenzzone befindet sich zwischen I und II.

Lage der Indifferenzzone: zwischen I und II.

Sämtliche Pflanzen zeigten auch 24 Stunden nach Beendigung des Versuches ein gesundes Aussehen; 3—5 Tage später wiesen die Hypocotyle der Keimpflanzen bei I an der belichteten Seite eine Abflachung und braunschwarze Färbung auf, ebenso bei II und III, aber in geringerem Maße.

Helianthus annuus.

1. Versuchsreihe. H. = 5—7 *cm*. Nach 65 Minuten andauernder Belichtung waren sämtliche Keimpflanzen an den verschiedenen Aufstellungsorten (I—V) deutlich positiv gekrümmt. Nach Verlauf von 23 Stunden war das gleiche Bild zu beobachten.

2. Versuchsreihe. H. = 3—8 *cm*.

Von den bei I eine Stunde lang exponierten 10 Pflanzen waren 3 schwach positiv, 3 schwach negativ gekrümmt, 4 blieben

[1]) Mit etiolierten Pflanzen gleichzeitig mit der 4. Versuchsreihe durchgeführt.

gerade. Am nächsten Tage waren alle diese Pflanzen wie auch die von der Lichtquelle weiter entfernten positiv gekrümmt.

3. Versuchsreihe. H. = 4—6 *cm*. Versuchsdauer von 4 Uhr 59 Minuten bis 6 Uhr p. m.

Die bei I und II in der vorderen Hälfte der Blumentöpfe befindlichen Keimpflanzen waren am Ende des Versuches gerade, die rückwärts befindlichen schwach positiv gekrümmt. Am nächsten Morgen zeigten alle Individuen daselbst deutlich positiven Heliotropismus (∢ 10—15°).

4. Versuchsreihe (etiolierte Pflanzen). H. = 5—6 *cm*. Versuchsdauer von 11 Uhr 11 Minuten bis 12 Uhr 13 Minuten. Sämtliche Pflanzen blieben durchaus gerade; um 5 Uhr p. m. waren alle schwach, aber deutlich positiv gekrümmt.

Die Indifferenzzone konnte in keinem Falle bestimmt werden.

Die belichteten Seiten der Hypocotyle der bei I, II und III exponierten Keimpflanzen erschienen 24 Stunden nach Beendigung der Versuche stets braunrot gefärbt, und zwar am intensivsten bei I. Außerdem konnte man ebendaselbst Schrumpfungserscheinungen der Epidermis bei I beobachten, welche nach Verlauf von wenigen Tagen (4—6) auch an den Pflanzen bei II und III auftraten.

Centaurea Cyanus.

1. Versuchsreihe. Dauer des Experiments von 11 Uhr 20 Minuten a. m. bis 12 Uhr 25 Minuten p. m. Höhe der Hypocotyle 3—4 *cm*. Bei Beendigung des Versuches waren die Keimpflanzen bei I und einige wenige bei II in der vorderen Hälfte der Kulturgefäße positiv (∢ 20—30°) gekrümmt, während alle übrigen gerade blieben. 7 Stunden später waren sämtliche Versuchspflanzen bei I, II und III deutlich positiv heliotropisch, bei IV auch zu dieser Zeit noch gerade.

2. Versuchsreihe. Länge der Hypocotyle 1·5—2·3 *cm*. Beginn des Versuches 4 Uhr 57 Minuten p. m. Um 6 Uhr 1 Minute waren alle in den verschiedenen Entfernungen (I—V inklusive) exponierten Keimpflanzen teils positiv gekrümmt [1]), teils gerade geblieben. Nach Ablauf von 17 Stunden waren alle ausgesprochen positiv heliotropisch (∢ 10—30°).

3. Versuchsreihe. Hypocotyllänge 2·5—3·5 *cm*. Das Bild dieses Versuches war nach Ablauf einer Stunde ganz ähnlich dem

[1]) 20 Minuten nach Beginn des Versuches waren bei I auch einige wenige negativ heliotropische Krümmungen zu beobachten, welche dann in positive umschlugen.

der vorigen Versuchsreihe. Bei I waren einige wenige dem Leuchtrohr zunächst befindliche Keimpflanzen zugrunde gegangen, während alle anderen sich positiv heliotropisch gekrümmt hatten.

4. Versuchsreihe. Länge der Hypocotyle 2—3 *cm*. Dauer des Versuches von 11 Uhr 26 Minuten a. m. bis 12 Uhr 27 Minuten p. m. Die Keimpflanzen waren zu letztangegebener Zeit bei I, II und III teils gerade geblieben, teils hatten sie sich positiv heliotropisch gekrümmt (∢ 10 — 15°); bei IV, V, VI waren nur positiv heliotropische Krümmungen zu beobachten (∢ 20—30°). Um 10 Uhr a. m. des nächsten Tages waren sämtliche Keimpflanzen der ganzen Reihe nach positiv heliotropisch.

Die Indifferenzzone konnte, wie zu ersehen, nicht ausfindig gemacht werden.

Von besonderem Interesse erscheint, daß die in einer Entfernung von 20, 30, 40 *cm* von der Lichtquelle aufgestellten Keimpflanzen entweder schon 24 Stunden nach der letzten Beobachtung oder einige Tage später nahezu sämtlich zugrunde gingen. Die Hypocotyle trockneten ein, die Pflänzchen fielen um.

Papaver paeoniflorum.

1. Versuchsreiche. Höhe der Keimlinge 1—1·2 *cm*. Beginn des Versuches 4 Uhr 40 Minuten p. m.

Nach 16 Minuten zeigen die Pflänzchen bei I Beginn der negativen Krümmung; um 5 Uhr 43 Minuten sind sie ausgesprochen negativ (∢ 20—30°), bei II und III teils schwach positiv teils schwach negativ, bei IV schwach positiv gekrümmt oder gerade.

2. Versuchsreihe. H. = 1—1·6 *cm*. Eine einstündige Bestrahlung rief bei I und II eine schwache negative Krümmung hervor, bei III blieben die Keimlinge gerade. Bei dieser und der vorigen Versuchsreihe war nach Verlauf von 24 Stunden nur positiver Heliotropismus zu beobachten. Indifferenzzone?

3. Versuchsreihe. H. = 1·5 – 1·8 *cm*. Nach 1 Stunde 7 Minuten waren bei I und II die dem Leuchtrohr zunächst befindlichen Keimpflanzen schwach negativ, die entfernteren gerade, bei III teils gerade, teils schwach positiv gekrümmt.

4. Versuchsreihe. H. = 2·5—3 *cm*.

Dauer der Bestrahlung von 11 Uhr 35 Minuten a. m. bis 12 Uhr 37 Minuten p. m. Zu letzterwähnter Zeit waren die Keimlinge bei I zugrunde gegangen, zwischen II und IV teils gerade geblieben teils schwach positiv gekrümmt.

Nach Ablauf von 24 Stunden waren bei allen Versuchen sämtliche Keimpflanzen bei I zugrunde gegangen, während bei den beiden letzten Versuchen das Bild in den verschiedenen Entfernungen von der Lichtquelle sich kaum geändert hatte im Vergleich zum Vortage. Die Indifferenzzone befindet sich annäherungsweise zwischen II und III.

Impatiens Balsamina.

Bei zwei Versuchsreihen (H. = 2·5—3 und 3—5 *cm*) waren die Keimpflanzen nach einstündiger Exposition bei I gerade, in allen anderen Entfernungen in verschiedener Stärke deutlich positiv gekrümmt; ebenso nach Ablauf von 24 Stunden auch bei I. Bei einem mit etiolierten Pflanzen durchgeführten Experiment reagierten die zwischen I und III befindlichen Pflänzchen bei eben angeführter Versuchsdauer nicht auf den Lichtreiz, sie waren gerade geblieben; am nächsten Tage zeigten auch diese deutlich positive Krümmungen Die Indifferenzzone konnte in keinem Falle ausfindig gemacht werden. Die einzelnen Keimlinge zwischen I und IV hatten an den belichteten Seiten Schädigungen erlitten, wie einige Tage nach Beendigung der Versuche zu sehen war. Die Epidermis erschien schwarz-, respektive dunkelbraun gefärbt und auch gerunzelt, ganz ähnlich wie ich dies für *Helianthus* beschrieben.

Brassica oleracea.

1. Versuchsreihe. H. = 1·8—2·3 *cm*. Versuchsdauer 1 Stunde 45 Minuten. Die Indifferenzzone liegt zwischen I und II.

2. Versuchsreihe. H. = 3—4·5 *cm*. Versuchsdauer 1 Stunde. Die Indifferenzzone liegt bei II.

Dunkelkulturen.

3. Versuchsreihe.[1]) H. = 1·8 bis 2·3 *cm*. Die Indifferenzzone liegt zwischen I und III.

Eine 4. Versuchsreihe (H. = 3—4 *cm*) zeigt dasselbe Resultat wie die 3.

Die Indifferenzzone liegt für normale Pflanzen zwischen I und II, für etiolierte zwischen I und III. Nur die der Lichtquelle zunächst befindlichen Keimpflanzen bei I und II zeigen eine schwache Schädigung durch die Lichtstrahlen, gingen aber niemals zugrunde.

Iberis amara.

Es wurden 2 Versuchsreihen ausgeführt mit 2—3·5 *cm* hohen Keimlingen. Dauer des Versuches in jedem Falle 1 Stunde. Die

[1]) Parallel durchgeführt mit der 1.

Indifferenzzone liegt zwischen I und III. Auch hier waren die vordersten Individuen bei I und II entweder am Ende des Versuches oder am nächsten Tage zugrunde gegangen.

Lunaria biennis.

Zwei mit 4—7 *cm* hohen Keimpflanzen (in jedem Kulturgefäß befanden sich 8—10 Individuen) durchgeführte Versuche, welche je genau 1 Stunde dauerten, zeigten, daß die Indifferenzzone für Pflanzen dieser Art zwischen II und IV liegt. Selbst noch 24 Stunden nach Ablauf der Versuche zeigten die bei I aufgestellten Individuen negativ heliotropische Krümmungen. Der Winkel betrug 30—40°. Des öfteren konnte man auch beobachten, daß die positiv geneigten Exemplare sich nicht nur parallel in die Richtung der einfallenden Lichtstrahlen einstellten, sondern sich sogar überkrümmten, so daß die flach ausgebreiteten Kotyledonen dem Erdboden auflagen[1]).

Zusammenfassung.

Indem ich die Ergebnisse der angeführten Versuche sichtend betrachte, ergibt sich, daß es bei *Avena sativa*, *Phalaris canariensis*, *Helianthus annuus*, *Impatiens Balsamina* und *Centaurea Cyanus* nicht möglich war, die Indifferenzzone (das Optimum im Sinne Oltmanns) einem Lichtreize gegenüber ausfindig zu machen, da die Keimlinge selbst noch bei einem Lichte, dessen chemische Intensität 1·625 (bezogen auf Bunsen-Roscoesche Einheiten) betrug, sich stets zur Lichtquelle wandten. Das gleiche gilt auch je einer Versuchsreihe zufolge für die etiolierten Keimpflanzen eben erwähnter Arten (*Centaurea* ausgenommen). Ob die Indifferenzzone bei einer noch höheren chemischen Lichtintensität als oben erwähnt liegt oder ob die bei so hohen Intensitätswerten auftretenden Krümmungen nicht etwa doch auf eine einseitige Schädigung der Keimachsen respektive Coleoptilen durch das Licht zurückzuführen sind, lasse ich einstweilen dahingestellt.

[1]) Es sei hier nur ganz kurz darauf hingewiesen, daß die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung betreffs der Lichtempfindlichkeit gut im Einklange stehen mit den Beobachtungen Oltmanns: »Schattenpflanzen wurden niedriger gestimmt gefunden als Sonnenpflanzen«. (Vergl. Oltmanns: »Über die photometrischen Bewegungen der Pflanzen«, l. c., pag. 231.) *Lunaria biennis* ist eine ausgesprochene Schattenpflanze und liegt für diese wirklich die Indifferenzzone bei einer verhältnismäßig niedrigen Lichtintensität, während zum Beispiel *Avena*, *Phalaris* und *Helianthus* typische Sonnenpflanzen sind und unter allen Umständen noch Krümmungen gegen die Lichtquelle zu aufwiesen. Daß an dem Ausfall von Bestimmungen der »Indifferenzzone« übrigens die Abstammung des Saatgutes, mit welchem gearbeitet wird, eine große Rolle spielen kann, ist wohl nicht zu bezweifeln.

Als äußerste Grenzen der Indifferenzzone erscheinen jene Punkte gegeben, an welchen die folgenden chemischen Lichtintensitäten herrschen und zwar:

a) für *Brassica oleracea* und *Raphanus sativus* die chemischen Lichtintensitäten von 1·625 und 0·722;

b) für *Amaranthus melancholicus ruber* (*Hortorum*), *Iberis amara* und *Vicia sativa* die chemischen Lichtintensitäten von 1·625 und 0·406; [1])

c) für *Lepidium sativum* und *Sinapis alba* (aller Wahrscheinlichkeit nach auch für *Papaver paeoniflorum*) die chemischen Lichtintensitäten von 0·722 und 0·406;

d) für *Lunaria biennis* die chemischen Lichtintensitäten von 0·722 und 0·180, sämtlich in Bunsen-Roscoeschen Einheiten ausgedrückt.

An etiolierten Keimlingen war auffälligerweise den normalen Pflanzen gegenüber entweder gar keine Verschiebung der Grenzpunkte der Indifferenzzone (*Lepidium* und *Sinapis*) oder eine nur geringe bei *Amaranthus* und *Brassica* zu bemerken. Für erstere Pflanze liegt die Indifferenzzone bei einer chemischen Lichtintensität von 0·722 bis zu 0·406, für letztere bei einer chemischen Lichtintensität von 1·625 bis zu 0·406 Bunsen-Roscoeschen Einheiten.

Lunaria biennis, *Lepidium sativum* und *Sinapis alba* (die beiden letzterwähnten Arten auch im etiolierten Zustande) wiesen von einer gewissen chemischen Lichtintensität an, welche höher war als die innerhalb der äußersten Grenzpunkte der Indifferenzzone, stets auch negativ heliotropische Krümmungen auf, während ebensolche bei *Brassica oleracea*, *Raphanus sativus*, *Amaranthus melancholicus ruber* (*Hortorum*), *Iberis amara* und *Vicia sativa* nur manchmal (je nach der Lage der Indifferenzzone) auftraten.

Die ultravioletten Strahlen der Quarzglasquecksilberlampe schädigen von einer bestimmten Intensität an die einzelnen Pflanzenarten auf verschiedene Weise.

Aus der biologischen Versuchsanstalt in Wien.

[1]) Einer Versuchsreihe zufolge geht dieselbe für *Vicia sativa* sogar bis zu 0·180 Bunsen-Roscoeschen Einheiten hinunter.

Die Fortschritte der Phytopathologie in den letzten Jahrzehnten und deren Beziehung zu den anderen Wissenschaften

von

Rüdiger Solla (Pola).

Eingelangt am 1. Oktober 1907.

Unsere Kenntnisse auf dem Gebiete der Pflanzenkrankheiten datieren erst seit kurzer Zeit. Die ersten Werke, welche sich damit befaßten — abgesehen von den älteren, unter anderen von Malpighis wertvoller Abhandlung über die Gallen (1679) — wie die Werke von Meyen (1841), Kühn (1858), Hallier (1868) und ähnliche, waren rein nur deskriptiv. Ebenso die verschiedenen, von den Forstzoologen besonders in der ersten Hälfte des XIX. Jahrhunderts veröffentlichten Schriften über Waldschäden u. dgl.

Eine gründlichere Behandlung des Gegenstandes wird durch R. Hartigs Untersuchungen über die Krankheiten der Waldbäume (1874) eingeleitet. Dieselben unterwerfen das veränderte Holz einer gründlichen anatomischen Prüfung und einer genauen chemischen Analyse.

Die mit dem regeren Verkehre, mit den transatlantischen Verbindungen aufgekommene Verbreitung der landwirtschaftlichen Kulturen brachte viele Pflanzenfeinde zum Vorscheine, welche in den letzten Jahrzehnten stark um sich griffen und den nationalen Wohlstand ernstlich bedrohten. Dieser und andere Umstände, die hier unerörtert bleiben mögen, veranlaßten einen allgemeinen Ruf nach Hilfe, um einer weiteren Ausbreitung der überhandnehmenden Schäden Einhalt zu gebieten. Um gegen die Feinde richtige Vorkehrungen zu treffen, reichte es nicht hin, daß man einige Abwehrmittel anwendete, sondern man mußte sich mit der Lebensweise der Pflanze und jener des Schmarotzers vertraut machen und auf diese die Wirkungen der in Vorschlag gebrachten Hilfsmittel versuchen. Durch die Errichtung von phytopathologischen Stationen wurde

dieses Streben ganz besonders erleichtert. Was solche Anstalten leisten, kann man aus den Erfolgen der eingeschlagenen Bahnen, welche zur Hilfeleistung und zur Hebung der Landwirtschaft leiten, ersehen. Es ist jedoch nicht dieser, auf nationalökonomischem Gebiete jedenfalls hochbedeutende Erfolg allein, den wir dem Studium der Pflanzenkrankheiten verdanken. Letzteres hat sich allmählich, unter Heranziehung der Erfahrungen auf anderen Gebieten, zu einem Wissenszweig herangebildet; aber die von den Pathologen errungenen Kenntnisse gereichen vielfach auch anderen Zweigen der Wissenschaft zum Vorteil. Man begegnet allerdings in der Phytopathologie, namentlich bei dem Übergreifen auf naheliegende Gebiete — Anatomie, Physiologie — ganz entgegengesetzten Anschauungen in der Beurteilung von Tatsachen. Im Verlaufe werden einzelne solcher Fälle gestreift werden, ohne jede Kritik, die schon durch die Beschränktheit des gebotenen Raumes nicht statthaft erscheint. Aber gerade solche Gegensätze beweisen, daß auf dem Wege der exakten pathologischen Forschung, welche zum Fortschritte einzelner wissenschaftlicher Fragen bereits wesentlich beigetragen hat, noch vieles zu leisten ist. Einzelne Argumente sind, wegen der Schwierigkeit der Untersuchung, immer noch kaum berührt, statt daß sie ernstlich verfolgt und auf das wahre Verhalten zurückgeführt wären; wegen der unzulänglichen Kenntnisse auf anderen Forschungsgebieten bewegt sich noch vieles in der Praxis in schwankendem Versuchsstadium. Von den nicht wenigen Erzeugnissen einer phantasievollen Deutung der Verhältnisse, welche einer wissenschaftlichen Grundlage entbehren, kann hier selbstverständlich nicht die Rede sein. —

Die erwähnten Untersuchungen Hartigs an Hölzern haben dargetan, in welcher Weise die Myzelfäden in die Gewebe eindringen und wie infolge des Pilzparasitismus bald die Ligninsubstanz, bald die Zellulose aufgebraucht werden. Die Stärke im Zellinhalte erfährt unter Umständen eine Auflösung oder eine Zersetzung; Harze werden in Terpentinöl umgewandelt; auch die Gerbstoffe werden chemisch verändert. Diese grundlegenden Beobachtungen wurden in vielen anderen Fällen noch wieder wahrgenommen: Czapek[1]) führt diese Veränderungen auf die Wirkungsweise der Pilze selbst näher zurück. Die Pilze scheiden mindestens zwei verschiedene Fermente aus, deren eines die im Holze vorliegende Verbindung von Hadromal und Zelluloseäther spaltet, das andere die freigewordene Zellulose löst. In geringerem Maße tritt auch eine stärke-

zerstörende Wirkung der holzbewohnenden Pilze auf. Mehr auf chemischer Grundlage fußen die Forschungen von Schrenk. Nach den Untersuchungen Behrens' führt *Botrytis vulgaris* echte Zellulose in Lösung über; nicht so *Penicillium glaucum*, *P. luteum* noch *Mucor stolonifer*. Cavara weist auf Grund der Veränderungen, welche die Zellkerne erfahren, nach, daß der von den Pilzen auf die Protoplasten ausgeübte Reiz sich von einer auf die benachbarten, von dem Myzel noch verschont gebliebenen Zellen fortpflanzt.

Das Auftreten von Doppelringen im Holze war schon von R. Hartig als Folge von Spätfrösten, von Verschlechterung bei Wurzelverstümmelung u. dgl. angegeben worden. Kny führt auch Raupenfraß und Entlaubung als Ursache derselben an; daß die letztere jene Erscheinung fördere, wurde von Wilhelm experimentell nachgewiesen.

Bereits bei Unger (1863) lesen wir von Exanthemen als krankhaften Erscheinungen an Pflanzen; später erfuhr die Zahl der bekanntgewordenen ähnlichen Mißbildungen, für welche der Ausdruck Intumeszenzen aufgestellt wurde, eine bedeutende Zunahme. Während Haberlandt meint, daß durch derlei Bildungen die verdunstende Oberfläche vergrößert und ein vorhandener Wasserüberschuß dadurch abgeleitet wird, bemerkt Copeland, daß derartige Gebilde, bei Wasserüberschuß und herabgeminderter Verdunstung, auf den verschiedensten Pflanzenteilen hervorgebracht werden können. Dale findet, daß junge, unter Glasglocken bei 29° C im Licht gehaltene Blätter sich nach 48 Stunden mit Intumeszenzen bedecken; ältere nicht. Abgeschnittene Sprosse verhielten sich ähnlich: Wurzeldruck bleibt derartigen Auftreibungen fremd. An dunklen schattigen Orten entstehen nie Intumeszenzen. Dagegen spielt die Assimilation dabei eine wichtige Rolle. Organische Säuren (allem Anscheine nach die Oxalsäure) steigern die Turgeszenz und diese ist, vermöge einer osmotisch wirksamen Substanz, die unmittelbare Ursache für die Vergrößerung der die Intumeszenzen bildenden Zellen.

Verwundungen rufen mannigfache Reaktionen im Organismus der Pflanzen hervor. Entweder ist das Absterben von Geweben oder Gewebsteilen die nächste Folge, oder es wirkt ein solcher gewaltsamer Eingriff in das Leben der Pflanze noch nachträglich und veranlaßt manche physiologische Störung; zuweilen werden Zellteilungen angeregt, durch welche Vernarbungsgewebe, manchmal aber ganz abnorme Zellwucherungen entstehen. Es ist nicht aus-

geschlossen, daß mehrere dieser angeführten Folgeerscheinungen gleichzeitig auftreten. Interessant ist Massalongos Beobachtung an Blättern von Stauden, welche als Folge verschiedener Störungen (übermäßige Transpiration, Insektenstiche) Wundkork bildeten (1905). Nicht minder jene von Prillieux (1883), daß bei *Coleus* und anderen sich ein eigentümliches Wundholz im Innern des Markes bildet. Das Wundgummi erweist sich nach Frank als Schutzvorrichtung, wie die Thyllen; Temme hält die Gummibildung für eine vitale Erscheinung und nicht für einen rein chemischen Prozeß; bei abgeschlagenen Ästen und Zweigen und in gefällten Stämmen tritt sie nicht ein, sobald in ihnen das Leben erloschen ist[2]). Bei der Ringelkrankheit der Hyazinthen dürfte durch *Tylenchus devastator* ein Ferment ausgeschieden werden, welches die Stärkekörner in wasserlösliches Gummi überführt (Ritzema-Bos 1888[3]). Stich findet, daß die CO_2-Produktion verwundeter Organe größer ist als die der unverletzten. Der Atmungsquotient erweist sich bei verwundeten Organen bedeutend kleiner. Dagegen zeigt nach Richards das Gewebe, je nach seiner Art und der Ausdehnung der Wunde, eine vermehrte Respiration. Nach dem gewöhnlich in zwei Tagen erreichten Maximum (das er als »Fieberreaktion« bezeichnet) fällt die Atmung allmählich mit der Heilung der Wunde bis zum normalen Stand. Die Atmungsvermehrung muß man auf erhöhtes Sauerstoffbedürfnis der Pflanze, um die Wunde zu vernarben, zurückführen. In massiven Geweben (Knollen u. dgl.) ist der Einfluß örtlicher als in Blättern. Markstrahlwucherungen aus inneren Wachstumsursachen beobachtete Sorauer an *Ribes nigrum*. Die Veranlassung dazu liegt in einer lokalen Störung des Gleichgewichtes in der Ernährung (durch Wurzelbeschädigung, Frost u. dgl.[4]).

Die Weißfleckigkeit der Blätter (Bleich-, Gelbsucht, albicatio usw.[5]) wurde von verschiedenen Autoren in verschiedener Weise gedeutet. Als krankhafte Erscheinung wurde sie auf ein Mißverhältnis in den den Pflanzenteil beeinflussenden Vegetationsfaktoren (Sorauer 1887), auf Stauung von Stoffen in den Zellen (Rosen 1895), Milbenansiedlung an Wurzeln (Dementjew 1903) usw. zurückgeführt. Die Untersuchungen von Woods sowie jene von Pantanelli haben auch diese Frage einer anderen Lösung entgegengeführt. Pantanelli[6]) sagt, Albinismus ist keine Infektions-, sondern eine konstitutionelle Krankheit. Erstes Anzeichen ist die Häufung von oxydierenden Enzymen, die sich durch die Leptombündel in die Hauptrippen der Blätter verbreiten. Hier beeinflussen sie alle Parenchymzellen, womit

sie in Verbindung treten, offenbar mehr energetisch oder durch schlechte Nahrungsversorgung und -ableitung. In den chlorophyllhaltigen Zellen führt der Albinismus zur Zerstörung des Chlorophylls und zu einer allgemeinen Erkrankung der protoplasmatischen Teile, die sich in abnormer Turgorsteigerung nebst allerlei osmotischen Störungen kundgibt. Das Protoplasma und seine Plastiden werden dabei von abbauenden Enzymen allmählich angegriffen und verdaut. In albinen Zellen findet keine Anhäufung von mineralischen noch organischen Salzen, noch von Zuckerarten statt. Es ist aber damit nicht die bekannte Erscheinung der Chlorose zu verbinden, welche erwiesenermaßen auf Eisenmangel zurückzuführen ist, wie schon Sachs durch Nachdüngung mit Eisenvitriol und durch Eingießen von Eisensalzlösungen [7]) mittels Trichter in die Splintmasse experimentell nachgewiesen hatte.

Die Physiologie hat gezeigt, daß viele Salze des Bodens — ungeachtet der spezifisch verschiedenen Empfindlichkeit der Pflanzen — auf die Gewächse direkt wie Gifte wirken und diesbezüglich sind auch mehrere Fälle von Pflanzenkrankheiten bekannt, welche sich als Folge von einem Ansammeln solcher Elemente im Boden einstellten. Die Bekämpfung der Reblaus führte zu näheren Studien über ein entsprechendes Verhältnis von Magnesia- neben Kalkverbindungen im Boden [8]), damit ein gedeihliches Wachstum erzielt werde. Anderseits wurde, bei ähnlichem Anlasse, die Wirkung des Schwefelkohlenstoffes auf die Pflanzenwelt dargetan. Während Dufour und Perraud (1894) über diese Wirkung gegenteiliger Ansicht waren, wies Wollny (1899) nach, daß bei Anwendung von Schwefelkohlenstoff einige Monate vor dem Anbaue die Fruchtbarkeit des Bodens meist gesteigert wird, worauf, wenn keine Düngung stattfand, ein Rückgang erfolgt. Während der Vegetationszeit eingeführt setzt Schwefelkohlenstoff die Produktion der pflanzlichen Substanz herab und verursacht bei großen Mengen eine gänzliche Vernichtung des Pflanzenlebens. Die in der Erde nitrifizierenden Organismen und die Knöllchenbakterien der Leguminosen werden bei Benutzung sehr großer Mengen von Schwefelkohlenstoff nicht getötet, sondern in ihrer Tätigkeit nur zeitweise gehemmt. Dagegen schädigt nach Hiltner und Strömer (1904) Schwefelkohlenstoff im Boden die Bakterien sehr stark, wenn auch in verschiedenem Grade; aber auf diese Periode folgt eine ganz außerordentliche Vermehrung der Bodenbakterien. Bestimmte Bodenbakterien, die in den Wurzeln parasitieren, verursachen die Bodenmüdigkeit, während

bei der Erbse in Gestalt eines braunen Überzuges der Wurzel (*bacteriorhiza*) auch nützliche Bakterien gefunden wurden, welche die Pflanze gegen die Müdigkeitsorganismen schützten. Auch die Abwehr der *Peronospora viticola* durch Kupfersalze erhellte, daß Lösungen davon im Boden schon bei 10 *mg* Kupfer für die Pflanzen schädlich sind; die Pflanzennährstoffe, besonders Kalk und Kali, werden durch Berieselung mit Kupferlösungen aus dem Boden ausgewaschen; Kupferoxyd wird vom Boden absorbiert, aber seine Schädigung wird durch Kalkkarbonat im selben Boden verzögert, bis es ganz zersetzt ist (Haselhoff 1892). Im Laboratorium ausgeführte Versuche ergaben, daß bei Kulturen in Leitungswasser mit Kupfersalzlösungen die Pflanzen geschädigt werden, ohne daß sie dabei Kupfer aufnehmen (Otto 1893[9]). Durch die gelegentlich der *Phytophthora*-Krankheit der Kartoffel angestellten Studien gelangte Gilbert zu dem Ergebnisse, daß durch ununterbrochenen Anbau von Kartoffeln auf demselben Lande der Prozentsatz kranker Knollen nicht zunahm; dagegen war dieser größer, wenn Dünger dem Boden zugesetzt wurde. Der höhere Stickstoffgehalt bei der Analyse kranker Knollen erklärt sich dadurch, daß die nicht stickstoffhaltigen Bestandteile der Trockensubstanz besonders starken Verlust erlitten haben. In dem vom Pilze durchzogenen braunen Teile häuft sich der Stickstoff an; erkrankte Knollen besitzen im allgemeinen einen höheren Zuckergehalt. Ähnliche Resultate bezüglich der Förderung der Krankheit besonders durch Kalidüngung und einer Verminderung derselben durch Eisenvitriollösung erzielten Griffiths in England und Gaillot in Frankreich. Auch Kartoffelschorf, durch *Oospora scabies* hervorgerufen, nimmt eine verschiedene Entwicklung je nach der Natur des Bodens (Wheeler und Tucker 1897). Auf Ernährungsstörungen führt Sorauer die Dürrfleckigkeit der Nelken, krebsartige Rindenhypertrophien an Rosen und das Absterben der Rosen in vielen Fällen (1898) zurück. Reichliche Düngung des Bodens verweichlicht die Pflanzen und macht sie für Pilzinvasion empfänglicher [10]).

Die ungünstigen physikalischen Verhältnisse des Bodens wurden wiederholt als Ursache von Pflanzenkrankheiten angeführt. Einen Zusammenhang zwischen Trockenheit und inneren Zuständen in der Pflanze weist Müller-Thurgau an Weinstock und Obstbäumen nach. Stärkebildung und -auflösung gehen in den Blättern desto langsamer vor sich, je geringer deren Wassergehalt ist. Bei reichlicher Bewässerung geht der neugebildete Zucker in den

Blättern weniger leicht in Stärke über, da eine gewisse Konzentration des Zuckers dazu erforderlich ist. Sind in den Blüten der Obstbäume die Narben zu trocken, dann können die Pollenkörner nicht austreiben. Darum lösen sich gleich nach dem Abblühen, bei Trockenheit, die Blüten in Menge von den Bäumen ab.

Besonders wertvolle Studien wurden betreffs des Wurzelbrandes an Zuckerrüben gemacht. Die Ergebnisse lauten dahin, daß derselbe keine Infektionskrankheit ist, sondern eine Entartung als Folge einer allgemeinen Schwächung der Pflanze, die nicht zuletzt durch ungünstige Bodenverhältnisse bewirkt wird. Jedenfalls geht diese Krankheit nicht von Rübensamen aus, wie Hollrung[11]) feststellte. Die in Italien und Japan so empfindlich auftretende Brusone-Krankheit des Reises wird durch ungenügende Durchlüftung des Bodens hervorgerufen. Die Wurzeln werden durch die Ungunst des Bodens in ihrer Entwicklung gehemmt, sie werden an der regelmäßigen Atmung gehindert und die sich einstellende intramolekulare Atmung bedingt deren Desorganisation. Was experimentell nachgewiesen ist, stimmt mit dem Auftreten der Krankheit in Reisfeldern überein, bei raschem Temperaturwechsel und nach starkem Erwärmen des Bodens (Japan), namentlich wenn dieser kompakt und schwer durchlässig ist[12]).

Das Verhalten des Bodens zur Pflanzenwelt veranlaßte ausgedehnte Studien über die Stickstoffassimilation. Gerlach isolierte Bakterien aus verschiedenen Böden, welche einer Stickstoffernährung nicht bedürfen. In stickstoffreien Nährlösungen entwickelten sich die Bakterien normal und führten diesen deutlich nachweisbare Stickstoffmengen, in Form von Eiweißstickstoff, zu. In den zehn untersuchten Bodenarten wurden stets stickstoffsammelnde Bakterien gefunden; sie sind höchst wahrscheinlich in allen Böden vorhanden und es werden auf diese Weise jährlich bedeutende Mengen stickstoffhaltiger Verbindungen im Boden gebildet, von denen die Kulturpflanzen einen Teil zu ihrer Ernährung benutzen. Die Bindung von freiem atmosphärischen Stickstoff wird, nach Beijerinck und van Delden, von Bakterien in Symbiose mit anderen Bakterien bewirkt. Bei der Stickstoffassimilation entsteht zunächst eine lösliche Stickstoffverbindung, die sich außerhalb der aktiven Organismen in die Umgebung verbreitet und dort von anderen Organismen als Stickstoffnahrung verwendet werden kann. Geeignete Infektionsversuche lassen erkennen, daß die gleichen Vorgänge sich im Boden abspielen.

Anschließend daran wären die Wurzelknöllchen zu erörtern. Diese schon Malpighi bekannten Gebilde erfuhren mannigfaltige Deutungen; sie wurden als verdickte Seitenwurzeln, als Gallen usw. aufgefaßt, bis Woronin 1866 an den Wurzelknöllchen der Lupinen entdeckte, daß die Parenchymzellen derselben mit einer Anzahl kleiner Körperchen erfüllt sind, die er für Schizomyzeten hielt. Frank benannte diese *Schinzia leguminosarum*. Ungefähr das Richtige traf 1887 Tschirch, der in den Wurzelknöllchen vorübergehende Reservespeicher erblickte, welche zur Blütezeit den Höhepunkt ihrer Entwicklung erreichen, zur Zeit der Samenreife sich bis auf einen kleinen Rest von stickstoffhaltigem Material entleeren. In der Tat haben spätere Untersuchungen und Versuche gezeigt, daß es sich hier nur um stickstoffspeichernde Organe handle und daß die Stickstoffassimilation durch die Bakterien in den Knöllchen vermittelt werde. Marchal erzielte bei Kulturen von Erbsenkeimlingen in Wasser, daß ein Zusatz von Nitraten (Konzentr. 0·0001) und Ammoniaksalzen (0·0005) die Knöllchenbildung verhindere, ein solcher von Kalk-, Magnesiasalz und Phosphorsäure sie befördere. Mattirolo fand, daß durch Kappen der Blüten von Bohnenpflanzen diese mehr Knöllchen ansetzten; die Knöllchen waren konsistent und inhaltsreich, der Stickstoffgehalt in denselben war erheblich größer als unter normalen Umständen. Nach Perotti bedingen die Eisen-, Chrom- und Mangansalze im Boden an den Wurzeln eine reichlichere Knöllchenentwicklung; ihr Gewicht war bedeutend größer, deren Stickstoffgehalt nahezu verdreifacht. Das Verhalten von eingeführten ausländischen Leguminosen auf jungfräulichen Boden des amerikanischen Nordwestens, von denen nur einige Wurzelknöllchen entwickelten, spricht — nach Bolley — zugunsten der Ansicht, daß die Knöllchenbakterien verschiedenen Arten angehören [13]). Ähnliches scheint für die Knöllchen an den Wurzeln der Erlen und der Elaeagneen der Fall zu sein. Nach Hiltner verleihen nur die Knöllchen der Erle in hohem Grade das Vermögen, den freien atmosphärischen Stickstoff zu assimilieren. Björkenheim fand in den Wurzelknöllchen der Erlen im Sommer zweierlei Pilzhyphen in scheinbarem Zusammenhange. Die im primären Infektionsstadium dicken Hyphen werden mit dem Wachsen der Knöllchen immer feiner und bilden Bläschen. In den infizierten Zellen waren keine, in den nicht infizierten reichlich Stärkekörner. —

Schon vor langer Zeit wurden die von der Tierwelt den Pflanzen zugefügten Schäden beschrieben. Die eingehenden Be-

schäftigungen mit denselben führten in den letzten Jahrzehnten zu mancher wichtigen Errungenschaft auch auf dem Gebiete der Zoologie. Namentlich sind es biologische Momente aus dem Tierleben, welche in ein besseres Licht gestellt, beziehungsweise erweitert wurden; viele Arten, die man für unschädlich hielt, erwiesen sich als Feinde der Pflanzenwelt: so mehrere karnivore Laufkäfer, welche phytophag auftraten (1884), so die Beschädigung der Obstkulturen durch *Pentatoma* und andere Wanzen (1884). Das Vorkommen der Hausmilbe auf Äpfeln, besonders in den Vorräten, ist für einen großen Teil von Deutschland, Frankreich, England und die Niederlande zu einer Wohnungsplage geworden, die Miterkrankung der Bewohner selbst verursachend.

Eine nähere Aufmerksamkeit wurde den Wechselwirkungen zwischen Tieren und Pflanzen gewidmet: Schnecken, Lurche als Verbreiter von Pilzen (Wagner, Voglino 1896[14]); die als Mykozoozezidien bezeichnete Symbiose von Pilzen und niederen Tieren an höheren Gewächsen (in Hanfstengeln, in *Capparis*-Blüten u. dgl.); die Tötung von Larvenstadien der Insekten durch Pilze, usw.[15]) sind neuere Beobachtungsergebnisse.

Auch die Kenntnisse über einzelne Tierarten und über den Entwicklungskreis anderer wurden erweitert. Es sei auf die Studien Franceschinis am Winterei der Reblaus hingewiesen, auf Rileys Beobachtungen über den Generationswechsel von *Phorodon humuli*, auf Cholodkovskys Kenntnis der *Chermes*- und *Lachnus*-Arten und deren Parthenogenese, wobei er »physiologische Rassen« aufstellt. Weitgehende Untersuchungen wurden an Nematoden angestellt. Voigt beweist durch Zuchtversuche, daß *Heterodera Schachtii* sich von *H. radicicola* (entgegen anderen Autoren) spezifisch unterscheide; erstere Art bildet niemals Gallen. Ebenso fand Liebscher, daß *H. Göttingiana*, die Erbsennematode, auf verschiedenen Leguminosen, nie aber auf Gräsern und Kreuzblütlern schmarotzt, während *H. Schachtii* auf Hülsengewächsen nicht vorkommt. Nach Mitteilungen von Vuillemin und Legrain findet sich *H. radicicola* in Gemüsegärten in der Sahara, in den Wurzeln von Runkelrüben, Eierpflanzen, Tomaten, Sellerie und bedingt daselbst eine eigenartige Symbiose. Die Pflanzen vermögen dadurch hinreichende Wassermengen in den Wurzeln zurückzuhalten. Aus der Abhandlung von Vaňha und Stoklasa (1896) erfahren wir, daß es nicht eine Rübennematode gibt, sondern wir lernen darin sechs *Dorylaimus*-, 20 *Tylenchus*- und noch andere Arten kennen. Vaňha beschreibt

auch die mit Hollrungs »Rübenschwindsucht« identifizierte Nematodenkrankheit näher[16]); an den faulenden Rübenteilen fand Verfasser keine Pilze.

Auch der vielen anatomischen Untersuchungen über den Bau von Gallen und der Versuche, diese experimentell hervorzurufen (vgl. Beijerinck u. A.) wäre hier zu gedenken, allein eine Berücksichtigung von Gallengebilden bleibt, wie jene von Mißbildungen, grundsätzlich hier ausgeschlossen. —

Eine nähere Beschäftigung mit den phanerogamen Schmarotzerpflanzen ebnete den Weg zur Erkenntnis des Verhaltens der Samen vieler derselben bei der Keimung, über die Entwicklung der Haustorien und ihrer Vereinigungsweise mit den Gefäßbündeln der Wirtpflanze. (Vgl. Koch 1883 und 1887 und die biologischen Studien von Heinricher 1893 ff.)

Die Mehrzahl der die Landwirtschaft treffenden Krankheiten wird wohl von Pilzen verursacht; naturgemäß befaßte sich die Pathologie am eingehendsten mit diesen. Dadurch trug die Phytopathologie zur Bereicherung der Kenntnisse in der Mykologie wesentlich bei. Es können hier aber nur die allgemeinen Umrisse dieser Einwirkung angedeutet werden.

Über die Art und Weise, wie sich die Pilze der Wirtpflanze bemächtigen, wie sie sich darin entwickeln usw. erfahren wir viel Neues durch Marshall Ward. Alles deutet auf die Existenz von Enzymen oder Toxinen oder von beiden in den Zellen des Pilzes und von Antitoxinen oder ähnlichen Substanzen in den Zellen der Wirtpflanze hin; nur sind bis jetzt solche Substanzen nicht isoliert worden. Die Resultate liefern einen Beweis, daß latente oder ruhende Krankheitskeime in den Pflanzen selbst nicht existieren, sondern daß jeder Pilzfleck von einer bestimmten Infektionsstelle seinen Ausgang nimmt. Auch Laurent behauptet, auf Grund seiner Untersuchungen an der Kartoffelkrankheit, daß die Pflanzenparasiten der Mitwirkung von Diastasen bedürfen, um in die Gewebe einzudringen, indem diese die Interzellularsubstanz auflösen. Starke Stickstoffdüngung vermindert die Widerstandsfähigkeit der Kartoffeln gegen *Phytophthora*; Kalk, die Nitrifikation im Boden befördernd, scheint indirekt einen ungünstigen Einfluß dadurch auszuüben. *Cladochytrium pulposum*, Parasit der Zuckerrüben, besitzt nach Vuillemin einen Saugapparat aus nacktem körnigen Protoplasma, mit vielen Kernen und Fibrillenbündeln. Jener korrodiert die Zellulosemembran und bildet enge Löcher oder breite Öffnungen, bald ohne Hypertrophien

hervorzurufen, bald die Zellen zu einem Riesenwachstum reizend. Smith beschreibt[17]) das Verhalten der Erysipheen: An der Berührungsstelle der Wirtpflanze mit *Erysiphe communis* geht eine Verdickung der Epidermiswand voraus. Es bildet sich ein ins Lumen vorspringender Membranzapfen, den die junge Hyphe durchwachsen muß, um in das Zellinnere zu gelangen, wo sie zum Haustorium wird. Dieses enthält nur einen Zellkern; die Scheide, die es umgibt, besteht aus modifizierter Zellulose und der Plasmahaut der Epidermiszelle. Bei *Uncinula* läßt die lebhafte fermentative Wirkung, die von den Hyphen ausgeht, die Scheide in den Epidermiszellen nicht aufkommen, sondern erst in den subepidermalen oder noch tieferen Gewebeschichten wo die Fermentwirkung der Hyphen schon empfindlich abgeschwächt sein dürfte. Daß ein gesundes Oberhautgewebe nicht leicht von Hyphen durchbrochen wird, bewiesen Wehmer an Kartoffeln (1898) und Zschokke an Äpfeln und Birnen (1897); Aderhold fand dagegen an den letzteren, daß je länger die Organe durch Witterungsverhältnisse in den Jugendstadien erhalten werden, desto schwächer bleiben sie und werden für die Infektion von *Fusicladium* zugänglicher. Zu einer eigenartigen Auffassung gelangt Eriksson, dem wir eine Reihe interessanter Studien an Rostpilzen verdanken. In dem peripheren Gewebe von Getreidekörnern kommen Myzelien und Teleutosporenlager vor, jedoch in dem Keimling läßt sich keine Pilzspur finden. Der Pilz, welcher vordem ein latentes Leben geführt und im Korn gewissermaßen einen mykoplasmatischen Zustand durchgemacht hatte, erscheint, sobald die Anfänge des Rostes sich zeigen, in Form von kleinen plasmatischen Körpern, welche die Wandung durchbohren und einen interzellularen Myzelfaden bilden, dessen Haustorium in der Zelle verblieben war. Wohl erklärt Marshall Ward die Aufeinanderfolge der Entwicklungsstufen von Eriksson für völlig verkehrt aufgefaßt und dessen corpuscules spéciaux als von den Hyphen erzeugte Haustorien[18]), und Lindau sagt »solange nicht streng wissenschaftlich erwiesen wird, daß das Mykoplasma im Getreidekorn sitzt, wie es hineinkommt und sich mit den Zellen teilt, und wie das nackte Plasma zum Myzelstadium übergeht, wird man das Mykoplasma in das Reich der haltlosen Hypothesen verweisen müssen«.

Mit großer Klarheit legt Wakker die Tätigkeit dar, welche die Pilze in den Geweben ihrer Wirte vollziehen; er führt viele typische Fälle vor und weist dabei auf manche Abweichung von den aufgestellten Typen hin.

Über die Ernährungsbedingungen der Pilze sagt Brefeld, daß bei Brandpilzen die Nährpflanzen ohne Stickstoff nicht existieren können; die Brandpilze vermögen keinen freien Stickstoff zu liefern. Carleton findet, daß Schwermetallverbindungen und starke Säuren dem Wachstum der Uredineen schädlich sind; Alkaloide sind schädlich; Kaliumsulfid und Natriumhyposulfid (sonst fungizid) sind gegen Rostpilze vollkommen wirkungslos. Clark experimentierte mit Schimmelpilzen in verschiedenen Salzlösungen, selbst giftigen (Strychnin, Blausäure) und in Säuren, bezüglich ihres Verhaltens in diesen Medien. Inwieweit die Entwicklung von Pilzen von Temperaturgrenzen abhängig sein kann, hat Thiele (1896) für Schimmelpilze angegeben und Eriksson findet bei seinen Uredineenstudien, daß Abkühlung bis in die Nähe des Nullpunktes häufig die Keimfähigkeit ihrer Sporen in auffallender Weise steigert.

Interessant ist auch das Wahlvermögen der Pilze für ihren Wirt. Plowright beweist, daß die *Phytophthora*-Krankheit der Kartoffelknollen nur einer örtlichen Infektion durch aufgespülte Sporen zuzuschreiben sei. Damit würde übereinstimmen, was Lawson nach langjährigen Beobachtungen sagt: die nahe der Oberfläche gelegenen Kartoffeln, dünnschalige Varietäten und solche mit großzelligem Grundgewebe erkranken leichter als deren Gegensätze. Die Versuche von Stäger ergaben, daß einzelne Gräserarten bei Übertragung von *Claviceps* völlig immun bleiben, während andere erkranken. Daraus wurden die im Freien auf jenen Arten vorkommenden Mutterkörner für biologische Arten angesprochen. Behrens gibt an, daß zur Erkrankung der Reben bei Wurzelschimmel eine hochgradige Disposition vorhanden sein müsse und Sorauer fand, daß die Früchte von gepfropften Apfel- und Birnenreisern leichter der *Fusicladium*-Invasion anheimfielen als das Obst des ursprünglichen Stammes.

Durch ein eingehendes Studium der Pilzarten wurden mehrere, die nur als Entwicklungsformen bekannt waren, als metagenetische Formen bereits bekannter Arten richtig gestellt. Tubeufs Untersuchungen bewiesen, daß verschiedene Arten von *Gymnosporangium* auf dieselbe Wirtpflanze mit verschiedenem Erfolge übertragbar sind und Hartig fand, daß die verschiedenen *Melampsora*-Arten nur durch die Natur der Wirtpflanze ausschließlich bedingte Formen einer Art sind. Falk seinerseits vermochte durch Kulturen des Hausschwammes zwei *Merulius*-Arten zu unterscheiden. Erikssons Studien ergaben, daß die früheren drei Getreiderostarten in zwölf

verschiedene zu zerlegen sind. Aus Herzbergs kritischen Untersuchungen geht hervor, daß *Ustilago Carbo* in Kulturen in fünf Arten aufzulösen ist. Noch weitere derartige Spezialisierungsfälle ließen sich anführen, wobei noch auf die »biologischen Rassen« von Rostrup, d. i. morphologisch identische Formen, ursprünglich Parasiten einer Art, welche sich später besonderen Pflanzenarten oder -varietäten allmählich angepaßt haben, und auf Salmons »überbrückende Arten« aufmerksam gemacht werden möge. Mit dem letzteren Ausdrucke bezeichnet man Arten, welche auf zwei spezifisch verschiedenen Wirtpflanzen erst nach Zwischenkulturen auf einer dritten verschiedenen Art sich übertragen lassen.

Auf die von Frank aufgestellte Mykorhizatheorie kann nur vorübergehend hingewiesen und dazu ergänzt werden, daß Kamiénski Mykorhiza bei den meisten Pflanzen für eine Krankheitserscheinung hält. Ebenso möge des Parasitismus von Bakterien hier nur insoweit gedacht werden, als, entgegen den noch vor wenigen Jahren geltenden Ansichten, von Sorauer, Smith, Bolley u. A. nahezu übereinstimmend nachgewiesen wurde, daß viele Pflanzenkrankheiten von Bakterien verursacht werden [19]). Auch wird die Wirkungsweise dieser Organismen dahin charakterisiert daß sie das Protoplasma zerstören, die Zellwände lösen, Stärkekörner scheinbar aber nicht angreifen, wobei der Saft der erkrankten Teile eine ausgesprochen alkalische Reaktion annimmt.

Die nachteilige Einwirkung der Umgebung auf die Gewächse ist mehrfach aus physiologischen Untersuchungen bekannt; umgekehrt erwuchs aber aus den Beobachtungen an kranken Pflanzen auch für die Wissenschaft ein Vorrat von verwertbaren Erfahrungen. Schimper bezeichnet als Raumparasitismus den Kampf der Gewächse in den Beständen um Luft und Licht. Müller-Thurgau beobachtete, daß Sonnenbrand an Trauben am meisten dann sich zeigt, wenn naßkalte Witterung den heißen Tagen vorangeht. Er erklärt dieses einerseits durch den größeren Wassergehalt der Beeren und anderseits durch die geringere Verdunstung und demgemäß auch geringere Abkühlung in feuchter Luft. Dagegen fand Sorauer, daß die Pflanzen zur Zeit herabgedrückter Assimilationstätigkeit bei Lichtarmut einen Reiz durch erhöhte Wärme bei verhältnismäßig überreicher Wasserzufuhr erlitten haben und darauf durch Zellstreckung auf Kosten des vorhandenen Zellinhaltes antworten. Es bilden sich auf Blättern und Zweigen korkige Intumeszenzen, zurückführbar auf Parenchymzellen, welche die Oberhaut zunächst emporheben, dann sprengen.

Die Luft in der Nähe von Hüttenwerken, Fabriken usw. ist reich an verschiedenen Gasen, deren nachteilige Wirkung auf die Vegetation von mehreren Autoren erkannt wurde. Eingehend hat sich mit der Frage auch Brizi in den letzten Jahren beschäftigt. Schwefeldioxyddämpfe bewirken Kontraktion des Plasmas, Faltung der Wände, Vergilben und starke Quellung der Chloroplasten. Bei lederigen Blättern treten diese Verhältnisse langsamer ein. Salzsäuredämpfe setzen den Zellturgor nicht herab, die Wände bräunen sich, ohne Falten zu bilden, die Chloroplasten werden bei unveränderter Form hyalin, die Stärkekörner werden braun, ohne aufzuquellen. Fluorwasserstoffdämpfe bedingen, daß die Blätter die Transpirationsfähigkeit verlieren. Die Wasserentziehung ist energisch, und zwar desto rascher, je schwächer die Cuticula ausgebildet ist. Plasmolyse wurde niemals beobachtet. Das Zellplasma bleibt lange undurchlässig und löst sich kaum von der Wand los; die Chlorophyllkörner werden gelb, quellen nicht auf; ebenso nicht die Stärkekörner. Nach Wielers Ansicht liegt die Sache so, daß in den Rauchschadengebieten die Verschlechterung des Bodens — gleichviel ob durch schweflige oder durch Salzsäure bedingt — die chronischen Beschädigungen der Bäume bewirkt, daß hierbei die Verarmung des Bodens an Nährstoffen die Verfärbung der Buchenblätter und der Fichtennadeln hervorruft, während die veränderte physikalische Beschaffenheit des Bodens, namentlich hinsichtlich der Wasserkapazität und des Gehaltes an Humussäure, durch die erschwerte Wasserversorgung bei Buchen und Eichen das Absterben der Bäume vom Wipfel aus veranlaßt, bei der Fichte den Verlust der älteren Nadeljahrgänge herbeiführt. Allgemein wurde bei einer Aschenanalyse der beschädigten Blätter und Nadeln gefunden, daß der Kohlendioxydgehalt bedeutend geringer war als unter normalen Umständen. Auch der Salzgehalt der Luft am Meeresstrande bräunt die Kiefernadeln (Anderlind 1898).

Ausströmendes Leuchtgas führte in einer Ulmenallee Wurzelvergiftung herbei (Wehmer); Azetylengas im Boden bewirkt Erstickung der Wurzeln, in feuchtem Boden rascher als in trockenem (Brizi).

Die elektrischen Entladungen der Atmosphäre verursachen an den Pflanzen die mannigfachsten Veränderungen, welche als »Blitzschläge« allgemein zusammengefaßt werden[20]). Doch sind diese Fälle noch gar nicht unter einem gemeinsamen Gesichtspunkte vereinigt worden; die Literatur begnügt sich von Braun (1869) und

Colladon[21]) ab meist mit der Schilderung der Wirkung des Blitzes auf die Bäume. Ráthay (1891) und später Ravaz und Bornet (1900) haben die Folgen der elektrischen Entladung am Weinstock eingehend anatomisch verfolgt. Die Veränderungen erstrecken sich auf Holz und Rinde; das junge Holzgewebe wird braun, seine Zellwände verdicken sich nicht, das Lumen ist leer. Die beschädigten Rindenpartien werden von Kork und Holz inselartig eingeschlossen. Das Kambium hört eine Zeitlang auf, normales Holz zu bilden, dadurch schiebt sich eine unregelmäßige Gewebeschicht (ein Kallus) zwischen das alte und neue Holz. Ravaz und Bornet haben auch künstlich mit Funkenelektrizität den Weinstock behandelt, während Tubeuf elektrische Funken von einem mittelgroßen Induktor auf Nadelhölzer überspringen ließ. In beiden Fällen war ein Vertrocknen der Triebe, beziehungsweise eine Gipfeldürre die Folge[22]) davon. Nach Stone fügen Wechsel- und direkte Ströme der elektrischen Anlagen unserer Städte den Baumpflanzungen den größten Schaden durch örtliche Verbrennungen zu, welche bei trockenem Wetter gering sind und erheblich werden, wenn die Rinde naß ist. Die geringste Widerstandsfähigkeit zeigen das Kambium und die benachbarten Gewebe. Erdentladungen bei Gewittern können Bäume verstümmeln und töten.

Weniger sind wir über die Wirkung des Hagels unterrichtet und finden sich nur entgegengesetzte, selbst sich widerstreitende Ansichten in der Literatur vor; namentlich über die Natur der Umgebung, mit Rücksicht auf die Häufigkeit der Hagelschläge. Das strichweise Niedergehen des Hagels hat eine geniale Idee herangereift, nämlich das sogenannte Wetterschießen[23]) als Abwehrmittel gegen jene schädliche meteorische Erscheinung zu üben. Die ersten Schießversuche sollen in Nordamerika vorgenommen worden sein, später in Steiermark, hierauf in Italien. Auf dem Kongresse zu Casale wurden die in Piemont erzielten günstigen Erfolge gepriesen (Dufour 1900), aber heute schaut man mit skeptischem Auge auf die gelungenen ersten Versuche zurück. Der Physiker Blaserna erklärte (1906) in einer Akademiesitzung der Lincei, daß die in Italien systematisch angestellten und durchgeführten Experimente eine Unhaltbarkeit der Schießtheorie dargelegt haben.

Über Frostwirkungen äußert sich Sorauer: Die leichten Beschädigungen durch Frühfröste sind vorzugsweise mechanischer Natur; die chemischen Wirkungen des Frostes treten dabei in den Hintergrund. In noch weichen Trieben holziger Stämme bilden sich

kleine Zerklüftungen in äußerlich gesund aussehenden Regionen, ohne daß eine Verfärbung des Gewebes stattfindet. Bei rasch eintretenden starken Frösten überwiegt sofort die mit Bräunung und Tötung des Gewebes verbundene chemische Wirkung. Wachsende Pflanzen sind nach Galloway frostempfindlicher als ruhende, weil sie mehr Wasser enthalten. Ein trockener Sommer und ein nasser Herbst erzeugen ungünstige Bedingungen. Als »Winterbrand« bezeichnet Breitenlohner das Vertrocknen von Pflanzenorganen bei vorzeitiger Erweckung der vegetativen Tätigkeit infolge eines schneearmen, warmen, fast niederschlaglosen Winters. Als Folgen von Spätfrost stellen sich bei Bäumen Doppelringe ein (Hartig); Frühjahrsfröste erzeugen zuweilen Frostblasen auf der Unterseite der Blätter (Solereder) und bedingen selbst Schorfbildung an Apfel- und Birnstämmen (Sorauer).

Auch auf dem Gebiete der Pathologie wurden Untersuchungen über das Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen vorgenommen, Experimente angestellt. Es braucht aber diesbezüglich nur auf die Handbücher der Physiologie hingewiesen zu werden. (Vgl. die maßgebenden Arbeiten von Müller-Thurgau und die Untersuchungen von Molisch.) Abgesehen von den biologischen Momenten, welche sich an die Vorgänge des Gefrierens der Gewächse knüpfen, stellen sich bei den Pflanzen unter dem Einflusse niederer Temperaturen im Freien zahlreiche Erscheinungen ein, welche pathologische Zustände bei jenen veranlassen. Auer berichtet, daß an *Aesculus*-Blättern nach einem Frühjahrsfroste ganze Gewebspartien abgestoßen wurden, so daß die Blätter durchbrochen aussahen. Das vom Froste nicht verletzte Gewebe bildete ein Wundperiderm aus. Die Assimilationsenergie eines gesunden und eines angefrorenen Blattes zeigte sich für gleich große Blattflächen gleich stark. Die chemischen Analysen von Strohmer und Stift bei Zuckerrüben nach einem Gefrierprozeß ergaben, daß die Gesamtheit der Stickstoffsubstanzen nicht verändert, ebensowenig gegen das Verhältnis zu Eiweiß verschoben wird. Auch der Gehalt an Fetten, Pentosen und Mineralstoffen erfährt keine Änderung. Die stickstoffreien Verbindungen der Rohfaser werden für Säuren und Alkalien löslicher gemacht; sie gehen in den Saft über und bedingen eine Erhöhung des Nichtzuckergehaltes. Saccharose bleibt unangegriffen, Invertzucker wird nur wenig reduziert der Säuregehalt nimmt zu. Auf die Tragweite der Schäden durch Gefrieren übt die Natur und die Bearbeitungsweise des Bodens

nach Voglino einen bedeutenden Einfluß aus. Matruchot und Molliard schließen aus der Gleichheit der Erscheinungen, daß der Tod durch Erfrieren ein Vertrocknen ist. Moebius beobachtete, daß Pflanzen auch durch Erkältung leiden, und zwar werden die Folgen davon in einem Verwelken der ganzen Pflanze oder ihrer empfindlichen Teile sichtbar. Schroffe Wechsel des Luftmediums, extreme Unterschiede in den Temperaturgrenzen des Tages, heftige Winde bedingen nach Nobbe reichlichen Laubfall (bei Erlen im Sommer). Diese Erscheinung kann jedoch unter Umständen auch von Schädigung der Wurzeln durch stagnierende Bodennässe oder Verwundung (Molisch) bedingt werden; ein intensiver Laubfall an Ölbäumen (Herbst 1893 bis April 1897) wird nach Bracci auf Mangel an Kalk im Erdboden zurückgeführt. Sorauer bezeichnet vorzeitigen Laubfall bei Kirschen als Ursache der »Lohkrankheit«. Dadurch war die Verdunstung herabgedrückt, der Turgor in den jugendlichen Geweben gesteigert und eine Lentizellenwucherung die Folge dieses lokalen Wasserüberschusses. —

Seitdem die Abwehr von Pflanzenkrankheiten nicht mehr empirisch betrieben, sondern auf wissenschaftlicher Grundlage geübt wird, gelangte man zur Kenntnis von manchen Einzelheiten, welche auf das Leben der Pflanze Bezug haben: von den für die Chemie und für die Praxis erzielten Erfolgen gar nicht zu reden. Gelegentlich der Bekämpfung des *Oidium Tuckeri* wies Mach ein chemisch verschiedenes Verhalten des feingemahlenen Schwefels im Gegensatze zu Schwefelblumen mikroskopisch nach, und Anderling fand, daß jede Abweichung der Luftwärme über oder unter 25 bis 31° C einen unsicheren Erfolg von dem Schwefeln liefert. Bekannt sind die Behandlungen von Getreidekörnern zur Tilgung der daran haftenden Brandsporen; Interesse erweckten die Versuche von Griffiths, welcher Sporangien von *Phytophthora infestans* mit Gips und Kalk fein gemahlen monatelang bei 35° C erhielt, ohne daß jene die Keimfähigkeit verloren hätten. Erst eine Austrocknung von zehn Monaten tötete die Sporen. Bei Berührung des Pilzes oder seiner Sporen mit 0·1% Eisenvitriollösung findet eine sofortige Zersetzung der Zellmembran statt. Wüthrich faßt die Wirkung fungizider Lösungen folgendermaßen zusammen: Sie wirken in doppelter Beziehung auf die Pilzsporen nachteilig ein; 1. durch ihre von der Konzentration abhängige osmotische Tendenz, wodurch der Turgor vermindert wird; 2. durch eine von der Natur der gelösten Substanz abhängige spezifische Giftwirkung. Die Sporen ver-

schiedener Pilze zeigen ungleiche Widerstandsfähigkeit. Die Versuche, den Pflanzen Gifte (Kupfersulfat, Zyankalium, Alkaloide etc.) einzuimpfen oder solche durch die Wurzeln aufsaugen zu lassen, um die Gewächse gegen Pilze zu immunisieren und selbst Blattläuse und ähnliche Feinde von ihnen fernzuhalten, können vorläufig keine befriedigenden Erfolge aufweisen. Wohl behauptet Mokrzecki, daß eine innere Therapie der Pflanzen in der Praxis gut verwendbar ist und bei weiterer Ausbildung günstige Resultate erwarten läßt; er selbst findet aber, daß der unmittelbare Gebrauch von Giftstoffen bis jetzt keine positiven Ergebnisse geliefert hat. Die äußere Behandlung der Pflanzen mit Kupfersalzen belehrte uns über manche Mitwirkung des Metalls auf den lebenden Organismus und über den verschiedenen Widerstandsgrad der pflanzlichen Zellen. Eine begünstigende Wirkung des Kupfers auf höhere Pflanzen wurde in keinem Falle beobachtet.

Die energische Inangriffnahme eines theoretischen Pflanzenschutzes bereitet die Grundlage vor, auf welcher derselbe als ein eigener Zweig der Wissenschaft erstehen wird. Kommt dazu eine genaue Bearbeitung der Statistik der Pflanzenkrankheiten, wie sie immer mehr angestrebt wird, dann wird sich aus ihr erst eine Pflanzenhygiene heranbilden können. Die strenge Durchführung eines Pflanzenschutzes hat auch in soziale Verhältnisse vielfach eingegriffen. Es sei nur auf das Verbot der Berberitzenkultur in der Nähe von Weizenfeldern hingewiesen. Ähnlicher Art sind die Gesetze, welche zur Einschränkung der Reblausschäden und des Umsichgreifens von Blackrot die Versendung von Weinstöcken nicht gestatten; ebenso die Einfuhrverbote von amerikanischem Obst zur Hintanhaltung der Apfelschildlaus usw. Daß solchen Maßregeln mitunter viel mehr Nachteile gegenüberstehen, als unter Umständen von ihnen ein wirksamer Erfolg zu erwarten sei[24]), möge hier unerörtert bleiben. Soziologisch wichtig ist aber die nähere Kenntnis manches Pflanzenfeindes, besonders der verschiedenen, das Bau- und anderes Werkholz zersetzenden, allgemein als »Hausschwamm« bekannten Pilzarten.

Fragen wir zum Schlusse, wie weit im Laufe der letzten Jahrzehnte die Pflanzenpathologie an sich gediehen ist, so begegnen wir hier grundlegenden Gesetzen, welche man noch vor wenigen Jahren nicht geahnt hätte. Es ist nicht die Erscheinung der Krankheit als solche, auch nicht deren Erreger das allein Maßgebende; die Aufmerksamkeit der Pathologie richtet sich zunächst auf die Pflanze

selbst, dann auf ihre Umgebung und zieht erst in zweiter Linie die Ursache der Krankheit mit den Nebenumständen in Betracht, um danach eine richtige Abwehr des Übels in Angriff zu nehmen und ein weiteres Umsichgreifen desselben zu verhindern. Man wendet sich derzeit mehr der Pflanzenpflege zu. Die Frage wird sein: Wirtpflanze und Schädling in den gegenseitigen Abhängigkeitsverhältnissen abzuändern. Chemische und physikalische Untersuchungen werden neben den mikroskopischen einen breiten Raum einnehmen müssen. Sorauer sagt, daß einzelne Spezies oder Varietäten unter denselben Vegetationsverhältnissen nebeneinander stehend schwer erkranken, andere gar nicht. Diese Wahrnehmung weist mit Notwendigkeit darauf hin, daß sowohl im Bau als auch in der Entwicklung der Arten und oftmals der Individuen Verhältnisse zu finden sind, die ausschlaggebend für die Infektionsfähigkeit werden. Damit begründet er seine Ansicht über eine Prädisposition der Pflanzen zu den Krankheiten, welche Ansicht von vielen geteilt und durch Beobachtungen näher befestigt wurde. Diese Prädisposition muß nicht eine konstante sein, sondern sie kann sich im Laufe der Zeit aus inneren oder äußeren Ursachen ändern. Jickeli vertritt in seinem Versuche einer neuen Deszendenztheorie (1902), welche Sorauer[25]) als »pathologische« bezeichnet, einen eigenen Standpunkt, der vielfach ein verkehrter ist. Für ihn ist die Unvollkommenheit des Stoffwechsels, also ein Schwächungszustand der Pflanze, die Veranlassung zu mannigfaltigen Erscheinungen, so Laubfall, Verwachsung der Gewebe bei Baumveredlungen, Krebsbildungen an Bäumen u. dgl., welche nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen eher auf Steigerung der Stoffwechselvorgänge beruhen, statt umgekehrt.

Während diese eigenartige Auffassung hier nur gestreift wird, sei zur Charakterisierung des heutigen Standpunktes auf die Ergebnisse der Kongresse zu Paris und Rom hingewiesen: die Verbreitung der parasitären Krankheiten hängt nicht von der Häufigkeit der Parasiten allein ab, sondern auch von der Konstitution und dem Gesundheitszustande der Pflanze.

Anmerkungen.

[1]) Die Zitation der Literatur muß aus Verlagsgründen unterbleiben. Ich bemerke noch, daß ich in einen guten Teil der herangezogenen Abhandlungen selbst Einsicht genommen habe, aber daß ich viele derselben nur aus den Rezensionen kenne.

[2]) Vgl. Wiesner in Botan. Ztg. 1885, woselbst auch pathologische Fälle berücksichtigt werden.

[3]) Wakker meint, die Gummosis der Hyazinthen sei nicht von Organismen verursacht, aber sie prädisponiere wohl die Pflanze zu anderen Krankheiten.

[4]) Auf Bras Behauptung (Compt. rend. Paris 1899), daß der »Krebs« an Bäumen sehr nahe verwandt sei mit dem Krebs des Menschen, sei nur vorübergehend hingewiesen. Vgl. auch Feinberg in Deutsch. medizin. Wochenschrift 1902.

[5]) Auch die »Mosaikkrankheit« des Tabaks gehört hierher.

[6]) Zeitschr. für Pflanzenkrankh. XV (1905).

[7]) Eine wässerige Eisenvitriollösung dem Boden zugesetzt, bedingte über einen gewissen Konzentrationsgrad hinaus eine Schädigung des Fruchtansatzes der Zerealien, ohne das vegetative Wachstum stark zu schädigen (Mayer im Journ. f. Landw., Bd. 40).

[8]) Vgl. Loew und May in U. S. Depart. Agric., Bull. I.

[9]) Coupin gibt in Compt. rend. Paris (1898) eine Tabelle der geringsten Kupfermengen, welche Getreidepflänzchen in Wasserkulturen zu töten vermögen. Benecke (1895) hatte gefunden, daß Zinksulfat in hinreichender Verdünnung das Wachstum der Pilzvegetation fördert, Kupfersulfat jenes von grünen Pflanzen.

[10]) Sorauer erwähnt, daß reichliche Düngung Efeupflanzen für eine *Phoma*-Epidemie empfänglich machte und möglicherweise auch üppige Fliedertriebe für eine Bakterieneinwanderung prädisponierte. Hennings findet dagegen, daß mehrere Stauden durch kräftige Ernährung den Angriffen von Parasiten (Uredineen, Ustilagineen) gegenüber widerstandsfähiger wurden.

[11]) S. Blätter f. Rübenzuckerbau, 1901.

[12]) Vgl. Brizi in Annuar. Ist. agrar. Ponti; Milano 1905 u. 1906.

[13]) Nach Vuillemin und Legrain (1894) fehlen den Leguminosen in der Sahara die Wurzelknöllchen infolge der Trockenheit des Bodens.

[14]) Rudow behauptet, daß *Exoascus Pruni* auf *Prunus*-Arten und *Roestelia* auf Pomaceen erst durch Rhynchoten und Milben übertragen werden. De Bary war es nicht gelungen, *Exoascus* selbständig zu übertragen und zur Entwicklung zu bringen.

[15]) Cuboni und Garbini erwiesen einen Zusammenhang zwischen den die Schwarzfleckigkeit der Maulbeerblätter erzeugenden Bakterien und der als Schlafsucht bekannten Seidenraupenkrankheit (1890). Peglions Versuche (1898) streiten das entschieden ab.

[16]) In Zeitschr. f. Zuckerrüben-Ind. in Böhmen, XVIII.

[17]) In Botan. Gaz., 1900.

[18]) Klebahn (1898) meint: »Die Resultate zahlreicher Versuche sind geeignet, die Theorie von Eriksson zu erschüttern; doch sind die Versuche noch nicht zahlreich genug, wie Verf. selbst hervorhebt.«

[19]) Migula (Semerang 1892) gibt einen Überblick der pathogenen Bakterien, die er in echte, wahrscheinliche und zweifelhafte einteilt.

[20]) Vgl. Klein, Das Gewitter, 1871.

[21]) In Ann. Phys. et Chim. XXIII. Vgl. André, Les arbres paratonneres (1884).

[22]) Moeller erwidert, daß in den meisten Fällen der Gipfeldürre die Bäume von Tieren beschädigt worden waren.

[23]) Daß durch Kanonendonner Gewitter verscheucht wurden, findet man aus früheren Zeiten (1680 und später) angegeben. Ende des 18. Jahrhunderts war das Wetterschießen in Österreich außerordentlich verbreitet.

[24]) Vgl. Sorauer in Verhdlg. 15. Skandin. Naturf.-Vers., Stockholm 1899

[25]) S. die Rezension in Zeitschr. f. Pflanzenkrankh., XIV.

Über Wiesneriomyces, eine im Jahre 1906 in Java entdeckte Gattung der Tubercul ariaceae-Mucedineae-Phragmosporeae

von

S. H. Koorders (Utrecht).

Mit einer Textabbildung.

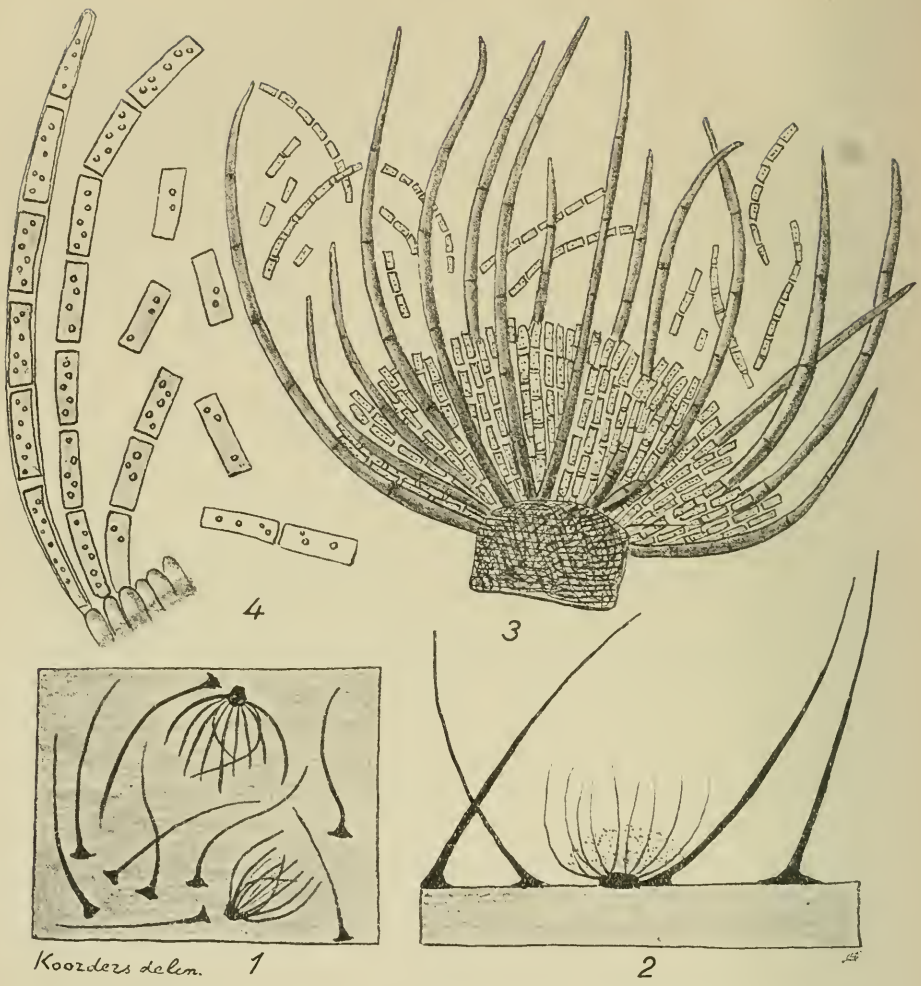
Eingelangt am 26. September 1907.

Wiesneriomyces, Koorders in Botanische Untersuchungen über einige in Java vorkommende Pilze, besonders über Blätter bewohnende, parasitisch auftretende Arten in Verhandl. Koninkl. Akademie v. Wetenschappen Amsterdam, Tweede Sectie, Deel XIII (1907), No 4, pag. 246, Abbild. 57. — Sporodichia pulvinata, sessilia vel rarius basi coarctata et stipitata, fusca, subfragilia, non gelatinosa, amphigena, plerumque hypophylla, superficialia, basi setis numerosis, curvatis, fuligineis, septatis, erectis ornata. Conidiophora brevissima, cylindracea, hyalina, simplicia. Conidia cylindracea, curvata, basi et apice attenuata, levia, 3—8-septata, mox in articulos cylindraceos, truncatos 4—9 secedentia, hyalina, in capitulum laxe aggregata.

Diese neue Gattung wurde von mir benannt nach Herrn Hofrat Professor Dr. J. Wiesner in Wien.

Die Gattung zeigt viel Übereinstimmung mit *Chaetostroma Corda* (Lindau in Engler-Prantl Natürl. Pflanzenfam. I, 1, pag. 513), jedoch sind die Conidien von *Wiesneriomyces*, wie aus obiger Diagnose hervorgeht, nie einzellig.

Wiesneriomyces Javanicus Koorders in Verhandl., Kon. Akad. Amsterdam l. c. und in Notizblatt d. Kgl. botan. Gartens und Museums zu Berlin Nr. 40 (Sept. 1907), pag. 300 und 309. — Sporodichia basi setis 150—170 × 5 μ ornata. Hyphae steriles repentes vel endophyllae, setis maximis numerosissimis, sparsis, 350—500 μ longis, obscure fuligineis, basi dilatatis. Conidia 50—80 × $3^1/_2$—$4^1/_2$ μ in articulos 10—12 × $3^1/_2$—$4^1/_2$ μ secedentia.



Wiesneriomyces Javanicus Koorders. — 1. und 2. Habitus des Pilzes auf einem Blatt von *Ficus elastica Roxb.*; Borsten tragende Conidienlager und große Borsten an sterilen Hyphen. — 3. Conidienlager mit einigen schon abgefallenen und zum Teil schon in Fragmente zerfallenen Conidien. — 4. Conidienträger und Conidien. — Für die Größen der Figuren wird hingewiesen auf die Maßangaben im Text. (Reproduziert nach der oben zitierten Abbildung in Verhandl. Kon. Akad. Amsterdam.)

Auf abgefallenen, abgestorbenen Blättern von angepflanzten Bäumen von *Ficus elastica Roxb.* bei Penunggalan in der Provinz Kedu in Mitteljava am 24. April 1906 von mir beobachtet. Die von

mir gesammelten und dem Kgl. botan. Museum in Dahlem-Berlin geschenkten Herbarspecimina und mikroskopischen Präparate sind hier unter Nr. 114, 119 und 330. Serie 12, konserviert.

In Reinkultur erhielt ich in Purworedjo (Java) in Nährlösung aus den Conidien ein reich verzweigtes, blaß gefärbtes, septiertes Myzel mit zahlreichen acusfruchtähnlichen Bildungen. Neue Conidien wurden in der Nährlösung nicht gebildet. Durch meine Abreise nach Europa mußte ich leider die Reinkultur abbrechen, als diese Bildungen noch nicht reif waren.

Es sei hier noch bemerkt, daß die Conidien in großen Massen in auffallendem Licht eine schöne blaß rötliche Farbe zeigen, jedoch einzeln in durchfallendem Licht ganz hyalin sind.

Z. Z. Kgl. botan. Museum in Dahlem-Berlin.

Variegation in the Agaveae

by

William Trelease (Missouri Bot. Garden).

Mit Tafel VI—XII und 11 Textfiguren.

Eingelangt am 28. September 1907.

Introductory.

As a rule, botanists have taken little interest in variegated plants, regarding them as horticultural curiosities rather than components of the Vegetable Kingdom. The result is that they find scant mention in botanical literature where they are usually uncritically disposed of in the fewest possible words when they receive any notice at all. On the other hand, horticultural writers, when such plants possess commercial value, are likely either to record facts or express opinions without adding descriptions by which others may recognize them, or to characterize them as species, at once emphasizing the abnormality to which their decorative value is due and ignoring, failing to grasp, or stating with loose inaccuracy their normal differentials.

Concerning some of them, practically nothing has been printed aside from a record of the names under which they have received exhibition awards, or the offer of specimens in the catalogues of dealers. The more popular or easily multiplied kinds are well known in collections and usually have been more written about than the rarer or less sought forms, knowledge of which has sometimes rested with the introducer and the few gardeners or amateurs who have had the good fortune to see them at exhibitions or in private collections where they have remained all but unique.

The purpose here is to enumerate the variegated forms of *Agave* and *Furcraea* that the writer has seen or found mentioned in print; to attempt such arrangement of their synonymy as is possible; to give an account of a median-striped form of a species not hitherto reported as variegated; and to indicate the nature and

seeming origin of such variegations — their causation being unknown: — all, with a view to the conciseness of the present volume, in the briefest possible terms.

Normal Markings.

Generally speaking, the leaves of Agaveae are of a fairly uniform green on both faces or somewhat paler beneath. The ground color differs much in shade in different species and is often masked by a glaucous bloom. Frequently this vanishes in transverse bands which then are more distinctly green than the parts on which the bloom persists, — a fact of which the camera takes more cognizance usually than the eye. *A. marmorata* owes its specific name to such marking. Abrasion of the bloom also gives rise to a variable striate appearance in some cases (e. g. *Furcraea Bailletti*, *Agave Vera Cruz*), and the impression made by the margins of contiguous leaves in the bud frequently brings into relief crenated patterns [1]). In *A. Victoriae Reginae* and the typical filiferous Littaeas, the cuticle is commonly torn in long strips from young leaves in the bud and adheres to those against which they have been pressed so as to produce a permanent and often decorative white or gray marking of the latter.

Occasionally the leaves are more or less evanescently purplish when grown in strong light. In *A. Karatto* the edge of young leaves is usually narrowly margined with bright red, and in a considerable number of species it is translucently white (e. g. *A. sisalana*, some forms of *A. pendula*) in the young leaves [2]), either assuming the usual green color when older (*A. sisalana*), becoming partly or wholly dry and papery (*A. Karatto*, *A. albicans*), persisting of a subcartilaginous texture (*A. tequilana*) or developing into a sclerenchymatous, brown or gray, usually easily detachable horny strip connecting the prickles, as in the so-called marginate Littaeas.

The upper face is normally marked by a rather wide paler green longitudinal band down the middle in many of the marginate Littaeas (strikingly so in *A. lophantha univittata* and *A. Peacockii*), in some of the filiferous Littaeas, and in forms of *A. pendula*. In the marginate species it is also not uncommon for the lower, dorsal,

[1]) Misinterpretation of an unsuccessful effort to depict these in color has led to an erroneous surmise that *A. antillarum* was originally figured as variegated.

[2]) Koch (Wochenschr. Ver. Beförd. Gartenbau 1865: 112) mentions a white-margined variety of the normally so-marked *A.* (*Manfreda*) *revoluta*.

surface of the leaf to be paler than the upper, or ventral, except for interrupted narrow lines of dark green. The name *A. multilineata* has been used to designate one such case in the common "Lechuguilla", where, however, the often nearly white under surface assumes a much deeper tone under certain conditions of growth even in the same individual. Rarely, the Littaeas are mottled with whitish, purplish or bronzed blotches on one or both surfaces (*A. Rovelliana* or *Terraccianoi*), a state that is quite common and sometimes characteristic in the annual-leaved facemose species which have been properly segregated under the generic name *Manfreda*.

Types of Variegation.

None of these normal markings are included in the following consideration of variegations, which are abnormalities, comprising, in these genera, brilliant types of contrasting coloration though aside from green this is limited in nature leaves to white and yellow, a shade of rose color being sometimes superadded in young leaves.

Essentially, the variegated forms are of two types, (1) with the margin white or yellow, and (2) with the margin of the normal green. In both, the marginal coloration is variably more or less decurrent into the central part in lines or bands of different width, and in the yellow-centered forms isolated lines of bright or pale green — the latter best seen when the leaf is held to the light — are not infrequent. When the intrusions of green are long and numerous, and equal or exceed the white or yellow in width, they form of the median-banded a seeming third form, that of striation. The limits between the contrasting colors are usually very sharp, though it sometimes happens that a bright green margin or stripe is flanked by a zone of paler green. One Linnaean species, *Agave americana*, epitomizes these types.

Classification and Nomenclature.

Horticultural nomenclature is attended with difficulties peculiar to itself. Botanists have never given much heed to suggestions such as Bossin's[1]), that the more fixed forms receive binomial or trinomial Latin designation quite apart from that of their known or supposed wild prototypes; but the more comprehensive and

[1]) Bull. Congr. Intern. de Bot. et d'Hort. Amsterdam. 352 (1866).

constant types of such forms as these variegated Agaveae are not adequately designated by the customary vernacular additions to the generic name or the specific binomial, as are transient florists' forms.

Where fairly definite types of variegation occur in a genus, and are given Latinized denomination, there is great advantage in having this uniformly applied to equivalent forms under its several species. Though some little violence is done thereby to priority rules, in the following enumeration (aside from the uncollocated *Agave picta*) the forms in which the etiolation is (1) marginal, (2) median, or (3) in numerous stripes or lines, have been designated respectively by the names (1) *marginata*, (2) *medio-picta* and (3) *striata*: but the synonymy under each is chronological, as to the first use of each name. Though the marginal and median variegations appear not to intergrade, difficulty will be found in differentiating the median and striate variegations, and both dealers and purchasers should understand the former of these to have the variegation fairly constant, averaging at least twice as broad as the green border at either side, and with less than one-half of its own width occupied by intruded stripes of green. Where the variegation ranges in color from nearly white to a deep golden yellow — the latter being more blanched when the plants are grown in insufficient light — the color extremes, when really marked, deserve distinction, and in one case have been indicated by the undesirable additional expletives *alba* and *aurea*: but these color forms appear to intergrade completely, different as the extremes are.

The species known to occur in variegated forms may be separated by the following key [1]):

Leaves without end spine, at most ending in a short hard button . . ***Furcraea.***
End spine long, strong and stout, ... ***Agave.***

Furcraea.

Leaves repand-toothed, rough on back: stem tall . . . . . *F. Selloa.*
Leaves usually entire and smooth: nearly stemless . . . . . *F. gigantea.*

Agave.

Inflorescence openly paniculate. . . . . ***Euagave.***
Inflorescence spicately contracted . . . . . ***Littaea.***

[1]) It is obvious that restricted keys of this sort may be used only for the separation of the forms they are actually based on.

Euagave.

End spine decurrent for a considerable distance (***Submarginatae***).

Leaves long, thick, concave, upcurved, long-attenuate, rather evenly toothed . . . . . *A. atrovirens.*

Leaves broad, thinner, convex in the middle, recurved, acute, very repandly and unevenly toothed . . . . . *A. Hookeri.*

End spine not or scarcely decurrent on the leaf margin.

Leaves thick and fleshy, elongated, mostly recurving at end, gray-glaucous (***Americanae***).

Spine stout, recurved (1 : 4 or 5) . . . . . *A. americana.*

Spine slender, straight (1 : 10) . . . . . *A. picta.*

Leaves thinner but fleshy, broad, typically upcurved at end, green (***Soboliferae***[1]).

Variegation green-yellow . . . . . *A. sobolifera.*

Variegation bright yellow . . . . . *A. Morrisii.*

Leaves fibrous when mature, stiffly spreading (***Rigidae***).

Leaves very long, gray, slightly repand: stem tall . *A. fourcroydes.*

Leaves short, greener, not repand: low . . . . . *A. angustifolia.*

Littaea.

Leaves soft-fleshy, at most papery-margined: prickles very small and crowded . . . . . *A. albicans.*

Leaves fibrous, horny-margined (***Marginatae***).

Smooth, prickles rather small . . . . . *A. lophantha.*

Rough on back, prickles very large . . . . . *A. xylonacantha.*

The following key may serve to differentiate the forms, primarily by their variegation characters: —

Variegation marginal.

Leaf without end spine, at most with a short button. *Furcraea Selloa marginata.*

End spine present (Agave).

Leaves not horny-margined.

Leaves fleshy, often concave.

End spine long-decurrent: leaves upcurved at end . . . . . *A. atrovirens marginata.*

End spine little if at all decurrent.

Leaves glaucous, gray, narrow, mostly recurved at end.

Spine short and stout . . . . . *A. americana marginata.*

Spine slender . . . . . *A. picta.*

Leaves deep green, broader, typically upcurved at end.

Variegation greenish . . . . . *A. sobolifera marginata.*

Variegation yellow . . . . . *A. Morrisii marginata.*

[1]) Though apparently offering flower, fruit or panicle differentials, the species of this group seem scarcely separable as yet by foliage characters.

Leaves fibrous, dagger-shaped, straight . . *A. angustifolia marginata.*
Leaves with continuous horny margin . . *A. lophantha marginata.*
Variegation median (passing into the next).
Leaf without end spine or with a short horny button . . . . . *Furcraea gigantea medio-picta.*
End spine present **(Agave).**
Leaves not horny-margined.
Leaves fleshy: plants stemless.
Large, coarsely repand, with large distant teeth . *A. americana medio-picta.*
Small, not repand: prickles close and very small . . . . . *A. albicans medio-picta.*
Leaves fibrous: plants with a trunk . . . *A. fourcroydes medio-picta.*
Leaves with continuous horny margin connecting the very large teeth . . . . . *A. xylonacantha medio-picta.*
Variegation striate (passing into the preceding): end spine present **(Agave.)**
End spine stout, scarcely decurrent, shallowly grooved: leaves thick, elongated, glaucous . . . . . *A. americana striata.*
End spine slender, decurrent, deeply channeled: leaves thinner, with thin edges, broad, green when mature . . . *A. Hookeri striata.*

Synonymic List.

Under each genus, the arrangement of species follows chronologically the ascertained first appearance of a variegated form of each; but all variegations of one species are placed together. Many of the references cited are too indefinite to be located with certainty under a given form: such citations are grouped collectively under the species or its more generalized variegation type. No doubt some of the synonyms under *Agave americana marginata* and *A. picta* should be transposed, but if so this can be secured only through thus calling attention to the uncertainty in the hope that the unrecorded knowledge of the few living gardeners who have authentic specimens bearing the doubtful names may be brought to a record. Though accessible dealers' catalogues have been carefully searched, it is certain that many really important items in these ephemeral publications have escaped notice.

Agave americana L.

A. americana [variegated]. Schlechtendal, Linnaea **5**: 496. (1830). — Wallis, Belg. Hort. **1879**: 198. — Gard. Chron. n. s. **20**: 294. (1883). — Gard. & Forest. **6**: 300. (1893).

A. americana variegata. Steudel, Nom. 2. ed. 36. (1841).

?? *A. umbellata aureo-picta.* De Cock, Cat. 4: 49. (1869—70).

A. americana picta. Terracciano, Primo Contributo ad una Monografia delle Agave. 41. (1885). — This includes all of the variegated forms of *americana* and also *A. ornata* and *A. picta.*

A. americana.

Except for well-drawn but very peculiar figures published in Marnock's Floricultural Magazine in 1840 as representing a nearly white-margined form of this species, it might be said that all references to variegated Agaves before 1859 could be safely ranged under *americana*, — as has usually been done. Though the leaf illustration in the plate referred to shows *americana* passably well except for the very minute terminal spine, the flowers and buds are rather those of one of the *sobolifera* series, though not exactly those of any that I have seen, and the habit sketch might represent a plant of the same series rather than *americana.* The foregoing references can hardly be placed under either of the following varieties.

A. americana marginata.

A. variegata, Dietrich, Neues Lexic. 1, 110 (1825). — Schultes, Syst. 7¹: 722. (1829). — Steudel, Nom. 2 ed. 37. (1841). Lefroy, Bot. Bermuda. 116 (1884). — Gardiner, Proc. Phila. Acad. 1889. 356.

A. americana variegata. ?Tineo, Cat. Panorm. 15 (1827). — Roemer, Famil. Synops. Ensatae. 288. (1847), as to the marginal forms. — Garden. 4: 206. (1873); 40: 297. (1891). — Gard. Chron. n. s. 4: 238, 366. (1875). — Nardy, Belg. Hort. 1875: 87. — Peacock, List. 1 (1878). — ?Tornabene, Hort. Bot. Catania. 211. (1887). Nicholson, Dict. 1: 38. — Journ. Hort. Ill. 23: 408. (1891). — Cameron, Cat. Bangalore. 2 ed. 198. (1891). — Kew Hand List Tend. Monocot. 107. (1897). — Lebl, Neubert's Gart. Mag. 50: 15. (1897). — Rose in Bailey, Cyclop. 1: 34. (1900).

A. americana fol. variegatis. Seitz, Flora. 1856: 163. — Belg. Hort. 8: 294. (1858). — Hamburger Gart.- und Blumenzeit. 31: 477. (1875). — Panatelli, Malpighia 15: 378. (1901); 16: 502, 508. (1902); 17: 48, 94. (1903); 19: 56, 60. (1905); Zeitschr. f. Pflanzenkr. 15: 7. (1905).

A. americana [with marginal variegation]. Koch, Wochenschr. Ver. Beförd. Gartenbau. 1862: 59.

Variegation marginal, from yellowish white ranging to deep golden yellow.

Though there is ambiguity concerning the localization of the variegation in the earliest references, the fact that Jolyclerc in 1779, Merrem in 1811 and Haworth in 1812 knew only marginal variegations makes it improbable that either the striate or median-banded form had earlier attracted attention, but both, in several modifications,

were known to Salm in 1834. A writer in the Journal of Horticulture (III. 19: 229.—1889) states that the green form of *americana* was introduced into England about 1640 (the year in which Parkinson's Theatrum was published), the variegated form preceding it by 40 years; but he does not make clear the reason for this belief.

The foregoing references can hardly be placed under either of the following color extremes.

A. americana marginata alba (1690).

Aloe, Americana foliis ex albo & viridi eleganter variegatis. Kiggelaer, Hort. Beaum. (1690). — Miller, Dict. (1731, 1741, 1748).

Agave americana muricata fol. marg. albo. Risler, Hort. Carlsr. 3. (1747). *Fide* Schultes, Syst. 7[1]: 722. (1829).

A. americana [Silver-striped]. Mawe, Dict. (1778).

A. americana [white margined]. Bosse, Handbuch. 1: 204. (1840).

A. americana marginata. Regel, Gartenflora. 7: 311. (1858).

? *A. americana elegantissima*. Wochenschr. Ver. Beförd. Gartenbau. 1862: 301.

? *A. albo-marginata*. Terracciano, Primo Contr. 41. (1885).

? *A. americana argenteo-marginata*. Voss u. Siebert, Vilmorins Blumengärtn. 1037. (1896).

? *A. americana albomarginata*. Kew. Hand List Tend. Monocot. 107. (1897). — Bull. N. Y. Bot. Gard. 1: 378. (1900).

A. elegantissima. Hort.

A. mexicana fol. var. Hort.

A. mexicana variegata. Hort.

Variegation marginal, white with at most a slight creamy tint; sometimes a little shaded with rose in young leaves.

A. americana marginata aurea (1747).

A. americana muricata fol. marg. luteo. Risler, Hort. Carlsr. 3. (1747). *Fide* Schultes, Syst. 7[1]: 722. (1829).

A. americana [gold striped]. Mawe, Dict. (1778).

A. aurea. Jolyclerc, Syst. 1: 268. (1799).

A. americana aurea. [Merrem], L., Vollst. Pflanzensyst. 1: 159. (1811).

A. americana fol. marg. late eleganterque luteis. Haworth, Synops Succ. 70. (1812).

A. americana fol. marg. luteo. Maycock, Fl. Barbad. 133. (1830).

A. americana fol. viridibus luteo-marg. Salm, Hort. Dyck. 7. (1834). Kunth, Enum. 5: 821. (1850). — Martius, Fl. Bras. 3[1]: 184. (1855). — Jacobi, Verzeichnis. 11. (1855); Versuch. Nachtr. 24. (1867).

A. americana fol. variegatis. Hooker, Curtis's Bot. Mag. II. 12. *pl. 3654* (1838). Allgem. Gartenzeit. 6: 198. (1838). — Lowe, Pl. Feuill. color. 2. *pl. 24*. (1870). — Sprenger, Monatsschr. f. Kakteenk. 5: 69. (1895).

A. americana [yellow margined]. Bosse, Handbuch. 1: 204. (1840). — Garden. 12: 397. (1877).

A. americana luteo-marginata. Ill. Hort. 3. Misc. 92. (1856). — Sprenger, Monatsschr. f. Kakteenk. 5, 69. (1895).

A. americana fol. viridibus ad marg. luteis. Salm, Bonplandia. 7: 86. (1859).

A americana fol. luteo-marg. Jacobi, Versuch. 16. (1864); Nachtrag. 5. (1867). — Belg. Hort. 21: 117. (1871). — André, Ill. Hort. 19: 149. (1872).

A. revoluta. Regel, Gartenflora 14: 265. (1865).

A. revoluta fol. eleganter marg. De Smet, Cat. 5. 15. (1869).

A. americana variegata. Garden, 3: 415. (1873); 37: 235. (1890). — Weber in Bois, Dict. 51. *f. 29* (1893). — Harris, Rept Mo. Bot. Gard. 17: 128. *F.* (1906). — Cooke, Fl. Presidency of Bombay. 2: 754. (1907).

A. americana fol. marginatis. Danielli, Nuovo Giorn. Bot. Ital. 17: 70. (1885).

A. luteo-marginata. Terracciano, Primo Contr. 41. (1885).

A. americana aureo-variegata. Gard. Chron. Ill. 3: 174. (1888).

A. americana ornata. ?Baker, Kew Bull. 1892: 4; Add. Ser. 2: 220. (1901) — Sprenger, Monatsschr. f. Kakteenk. 5: 69. (1895).

A. americana marginata. Münster, Monatsschr. f. Kakteenk. 3. 115. (1893).

A. americana aureo marginata. Voss und Siebert, Vilmorins Blumengärtn. 1037. (1896).

A. americana revoluta. Hort.

Variegation marginal, bright yellow to greenish yellow.

The commonest and best-known variegated *Agave*. From *A. picta*, with which it is usually confounded, it differs in shorter, wider, and grayer leaves, short curved end-spine, and usually greener-yellow variegation.

A. americana medio-picta. (1834).

A. americana fol. luteis viridi-marginatis. Salm, Hort. Dyck. 7 (1834). — Kunth, Enum. 5: 821. (1850). — Martius, Fl. Brasil. 3¹: 184. (1855). — Jacobi, Verzeichnis. 11. (1855); Versuch. 16. (1864) & Nachtr. 5 (1867).

A. americana fol. luteis viridi-striatis. Salm, Hort. Dyck. 7. (1834). — Kunth, Enum. 5: 821. (1850). — Martius, Fl. Brasil. 3¹: 184. (1855).

A. americana fol. luteis ad marg. viridibus. Salm, Bonplandia. 7: 86. (1859).

A. americana fol. medio luteis. Cels, Cat. 1861: 18.

A. americana [yellow leaves margined or interrupted with green]. Koch, Wochenschr. Ver. Beförd. Gartenbau. 1862: 59.

A. luteovirens. Koch, Wochenschr. Verein Beförd. Gartenbau. 5: 325. (1862); 8: 186. (1865).

A. falcata. Koch, Wochenschr. Ver. Beförd. Gartenbau. 5: 326. (1862).

A. americana medio-picta. Regel, Gartenflora. 14: 265. (1865) — Garden, 3: 415. (1873): 12: 395. (1877); 39: 12. (1891). — Peacock, List. 1. (1878). — Sprenger, Monatsschr. f. Kakteenkunde. 5: 69. (1895). — Lebl, Neubert's Gart.-Mag. 50: 14, (1897).

A. americana fol. medio-pictis. Van Houtte, Cat. 123: 32. (1868). Belg. Hort. 21: 117. (1871). — André, Ill. Hort. 19: 149. (1872).

A. medio-lutea. Linden, Cat. 1880: 86.

A. medio-picta. Terracciano, Primo Contr. 41. (1885).

A. lutea viridi-marginata. Ladenberg, Monatsschr. f. Kakteenkunde, 3: 7. (1893).

A. americana fol. var. Weingart, Monatsschr. f. Kakteenk. 5: 30. (1895).

A. american lutea viride marginata. Kew Hand List Tend. Monocot. 107. (1897).

A. americana [with median yellow stripe]. Gartenwelt. 10: 213. (1906).

A. americana picta. Nicholson, Dict. 1: 38. — Sprenger, Monatsschr. f. Kakteenkunde. 5: 69. (1895). — Voss und Siebert, Vilmorin's Blumengärtn. 1037. (1896). — Rose in Bailey, Cyclop. 1: 34. (1900).

Variegation median, creamy to rather bright yellow, typically interrupted by few green stripes.

The rarest of the *americana* forms, and one of striking beauty when typical and well grown.

A. americana striata (1834).

A. americana fol. obsolete striatis. Salm, Hort. Dyck. 7. (1834). — Kunth, Enum. 5: 821. (1850). — Martius, Fl. Brasil. 3[1]: 184. (1855). — Jacobi, Verzeichnis. 11. (1855).

A. americana fol. viridibus luteo-striatis. Salm, Hort. Dyck. 7. (1834). — Kunth, Enum. 5: 821. (1850). — Martius, Fl. Brasil. 3[1]: 184. (1855).

A. americana variegata [striped form]. Roemer, Famil. Synops. Ensatae. 288. (1847).

A. americana fol. plus minusve luteo striatis. Salm, Bonplandia. 7: 86. (1859).

A. americana striata. Cels, Cat. 1861: 18. — Garden. 3: 415. (1873); 12: 396. (1877): 39: 12. (1891). — Nardy, Belg. Hort. 1875: 87. — Peacock, List. 1. (1878). — Cameron, Cat. Bangalore. 2 ed. 199. (1891). — Kew Hand List Tend. Monocot. 107. (1897). — Lebl, Neuberts Gart.-Mag. 50: 15. (1897).

A. americana fol. luteo striatis. Jacobi, Versuch. 16. (1864) & Nachtr. 5. (1867). — Belg. Hort. 21: 117. (1871). — André, Ill. Hort. 19: 149. (1872).

A. striata. Regel, Gartenflora. 14: 265. (1865).

A. americana obsolete striata. F. A. Haage, Cat. 1867: 11.

A. americana fol. striatis. Van Houtte, Cat. 123: 32. (1868).

A. revoluta fol. striatis. Peacock, List. 1. (1878).

?? *A. americana* fol. variegatis. Von der Heiden, Cat. 1879: 4. *f.*; 1880: 11. *f.*

A. americana fol. luteo-hirsutis. Gard. Chron. n. s. 24: 142. (1885).

? *A. fasciculato-aurea.* Tornabene, Hort. Bot. Catania. 211. (1887).

? *A. fasciculato-auro-viridis.* Tornabene, l. c.

? *A. fasciculato-flava.* Tornabene, l. c.

? *A. lineata.* Tornabene, l. c.

? *A. americana elegantissima.* Sprenger, Monatsschr. f. Kakteenkunde. 5: 69. (1895).

A. striata aurea. De Vries, Mutationstheorie. 1: 601. (1901).

? *A. mexicana* fol. striatis. Haage u. Schmidt, Cat. 1901: 212.

? *A. mexicana striata.* Hort.

Variegation of rather narrow longitudinal creamy or yellow stripes not marginal.

The least decorative form when most typical, but insensibly passing into the median type and correspondingly brighter, the leaves of a given plant often presenting great differences.

Agave picta Salm. (1859).

A. picta. Salm, Bonplandia. 7: 88. (1859); Fl. des Jard. 5: 123. (1862). — Koch, Wochenschr. Ver. Beförd. Gartenbau. 3: 27. (1860). 5: 59. (1862); Belg. Hort. 12: 209. (1862); Fl. des. Jard. 4: 117. (1861). — Cels, Cat. 1861: 19. — F. A. Haage, Cat. 1861: 33. — Jacobi, Versuch. 67. (1865). — Belg. Hort. 21: 117. (1871). — André, Ill. Hort. 19: 149. (1872). — Garden. 3: 415. (1873). — Baker, Gard. Chron. n. s. 8: 202. (177); Handbook Amaryll. 180. (1888). — Peacock, List. 2. (1878). — Terracciano, Primo Contributo. 41. (1885). — Hemsley, Biol. Centr. Amer. 3: 339. — Berger, Gartenwelt. 8: 337—8. *f.* (1904); Gard. Chron. III. 38: 161. (1905); — Hesdorffer, Gartenwelt. 10: 213. (1906). — Trelease, Pop. Sci. Monthly. 70: 208, 210. *f.* (1907).

? A. americana longifolia variegata. Bull. Cat. 1864—5: 5. etc.

A. longifolia picta. Regel, Gartenflora. 14: 265. (1865). — Groenewegen, Cat. 18: 28. (1866). — F. A. Haage, Cat. 1867: 11. — Veitch, Pl. Cat. 1876—7: 56; 1878: 82.

A. longifolia arg. var. J. Verschaffelt, Cat. 9: 41. (1865—6).

A. mexicana picta. Cels, Cat. 1865: 18. — Hanbury, Gard. Chron. n. s. 20: 54. (1883).

A. lurida picta. Cels, Cat. 1865. Synoptical Table.

A. Milleri picta. Van Houtte, Cat. 123: 32. (1868). — Nardy, Belg. Hort. 1875: 87. — Roland-Gosselin, Rev. Hort. 71: 254. (1899).

? A. picta brevifolia. Garden. 3: 415. (1873).

A. Milleri fol. arg. marginatis. Von der Heiden, Cat. 1879: 11.

A. americana picta. Baker, Kew Bull. 1892: 4; Add. Ser. 2: 220. (1901). — Kew Hand List. Tend. Monocot. 107. (1897).

Variegation marginal, white or creamy to rather bright yellow.

A. picta.

The general failure to distinguish *A. picta* from *americana marginata* makes it practically impossible to properly collocate undescriptive references for the past fifty years, and the garden synonymy of the whitermargined forms, here and under *americana*, is doubtless confused. Except for rare regressions that Berger has observed on the Riviera, it is questionable if the normal type of the species represented by this variegated form has been seen, and the latter, which is commonly grown on the Mexican tableland and now frequent in gardens elsewhere, may be of even greater antiquity than the comparable form of *americana*: Were its normal type named, *A. picta*

would well take horticultural rank as a color variety under the form name *marginata*, probably capable of color subdivision as in the case of *americana*.

Agave sobolifera Salm.[1])

A. sobolifera marginata. (1865).

A. ornata. Jacobi, Versuch. 69. (1865). — Dallière, Cat. 8: 31. (1865—6). — Belg. Hort. 21: 117. (1871). — André, Ill. Hort. 19: 149. (1872). — Baker, Gard. Chron. n. s. 8: 202. (1877); Handbook Amaryll. 180. (1888). — Hemsley, Biol. Centr. Amer. 3: 339. — Terracciano, Primo Contributo. 41. (1885). — Kew Hand List Tend. Monocot. 117. (1897). — Nicholson, Dict. 1: 38.

A. laetevirens. Koch, Wochenschr. Ver. Beförd. Gartenbau. 8: 95, 186. (1865). — Sprenger, Monatsschr. f. Kakteenkunde. 5: 69. (1895). — ?Terracciano, Boll. Ort. Bot. Palermo. 1: 26. (1897).

A. sobolifera laetevirens. Cels, Cat. 1865: 18 & Synoptical Table.

A. laetevirens marginata. Jacobi, Versuch 16, 69. (1865); Nachtrag. 6. (1867). — J. Verschaffelt, Cat. 14: 75. (1869—70). — André, Ill. Hort. 19: 149. (1872). — Terracciano, Primo Contributo. 41. (1885). — Von der Heiden, Cat. 1879: 11: 1880: 12. — Linden, Cat. 1880: 86.

A. stolonifera [sobolifera?]. Jacobi, Versuch. 69. (1865).

? A. laetevirens fol. var. Groenewegen, Cat. 18: 27. (1866).

A. vivipara fol. striatis. J. Verschaffelt, Cat. 14: 75. (1869—70).

A. americana laetevirens. ? Peacock, List. 1. (1878). — Sprenger, Monatsschr. f. Kakteenkunde. 5: 69. (1895).

A. americana ornata. Münzer, Monatsschr. f. Kakteenkunde. 3: 115. (1893). — ?Kew Hand List Tend. Monocot. 107. (1897).

Variegation marginal, yellowish green.

Recognized since 1865, when it was found in French and Belgian gardens under the name *A. laetevirens*, which Koch had found applied in 1862 to a median variegation of *A. americana*, from which this is very distinct in specific characters as well as in its variegation marks. It is one of the least decorative forms, and, apparently never common, appears today to be one of the rarest.

Agave angustifolia Haw.

A. angustifolia marginata. (1863.)

A. angustifolia variegata. Dallière, Cat. 5: 13. (1863—4)[2]).

A. vivipara variegata. Woodrow, Kew Bull. 1892: 283. — Kew Hand List Tend. Monocot. 123. (1897). — W[atson], Gard. Chron. III. 26: 430. (1899).

[1]) *Cf.*, also, *A. americana* fol. var. of Marnock's Floricult. Mag. 5: 133, 141. *f.* and *pl. 56.* (1840).

[2]) Dr. Franceschi informs me that this name has been in use in European gardens for the plant for over a century, so that the date of introduction is doubtless far earlier than that here given; but its earlier history seems not to have been recorded.

A. vivipara var. nova. Garden. 52: 230. (1897).

A. Woodrowi. W[atson], Gard. Chron. III. 26: 430. (1899). — Garden. 56: 509 (1899).

A. Cookei Woodrow, Journ. Bombay Nat. 12: 522. (1899). — *Fide* Cooke Fl. Presidency of Bombay. 2: 754. (1907).

A. Wightii. [variegated). Prain, Proc. Agr.-Hort. Soc. Madras. 1904: 130. — Drummond & Prain, Agricult. Ledger. 1906: 92.

Variegation marginal, white, somewhat rosy tinted in youth.

A. angustifolia.

Introduced from India trough Kew in 1892, and now one of the commonest and most decorative variegated succulents in tropical gardens. The green type is the *vivipara* of Wight but not of Linnaeus or Lamarck. It is evidently *A. Jacquiniana* as based on Jacquin's *A. lurida*, and traditions connect it with the otherwise lost *angustifolia* of Haworth wich itself is the narrow leaved Vera Cruz aloe of Commelyn, — that curiously disappears from Miller's compilations when he describes his own entire-leaved *A. rigida* that otherwise would seem to be its earliest binomial.

Agave xylonacantha Salm.

Agave xylonacantha medio-picta. (1864).

A. xylonacantha [variegated]. Koch. Wochenschr. Ver. Beförd. Gartenbau. 1864: 164.

A. xylacantha [variegated]. Koch, l. c. 1865: 109.

A. xylynacantha medio-lutea. J. Verschaffelt, Cat. 14: 75. (1869—70).

A. xylinacantha mediopicta. J. S. C., Gard. Chron. n. s. 23: 703. (1884) — J. C., l. c. III. 29: 31. (1901).

Variegation median, in shades of creamy yellow.

A large specimen was owned by Van der Vinnen, which passed into the possession of J. Verschaffelt who seems to have propagated other individuals from it, but it has never become common in collections. It flowered in England in 1900, but apparently did not seed.

Agave Hookeri Jacobi.

A. Hookeri striata (1869).

? *A. Verschaffeltii* fol. luteo striatis. J. Verschaffelt, Cat. 1869—70: 9, 75.

A. Mescal fol. striatis. Gard. Chron. 1871: 944. — Flor. & Pomol. 1871: 189. — Hamburg. Gart- und Blumen-Zeit. 27: 416. (1871).

A. Mescal. fol. var. Belg. Hort. 1872: 19.

A. Verschaffeltii striata. Peacock, List. 1. (1878).

Variegation creamy yellow, in unequal stripes toward the middle. — Merely a stage of the following, comparable in this respect with the less perfect form of *A. americana medio-picta.*

A. Hookeri medio-picta (1871).

A. Verschaffeltii variegata. Florist & Pomol. 1871: 189; 1872: 3. — Hamburg. Gart.- u. Blumen-Zeit. 27: 419. (1871). — Peacock, List. 1. (1878).

? *A. Verschaffeltii medio-picta.* Baker, Handbook Amaryllid. 177. (1888).

Variegation creamy yellow, median.

A. Xylonacantha.

One of the new importations listed by J. Verschaffelt in 1869—70 was called *Agave Verschaffeltii* fol. luteo striatis. It is recorded that on July 5, 1871, Mr. Peacock received an award in London for an exhibition plant of *A. Verschaffeltii variegata.* On the 19the of the same month, Verschaffelt himself exhibited in London a specimen called A. Mescal fol. striatis, which Mr. Peacock is understood to have bought subsequently. The list of this gentleman's collection, published in 1878, makes no mention of *A. Mescal* but includes a *variegata* and a *striata* under *Verschaffeltii*, which seem to correspond to the exhibition plants of 1871, the first of which is noted by one of the journals as having a golden band down the center. Both appear to be of the *mediopicta-striata* type, and the confusion of names under the multiform *Verschaffeltii* makes it probable, in the absence of definite knowledge to the contrary, that these plants and an *A. Verschaffeltii medio picta* of De Smet, noted by Baker under *A. Scolymus*, were of common origin.

The name *A. Mescal* was probably attached by Koch to the second plant in London, on the occasion of his visit to the exhibition, for that species appears scarcely to have been known except to him and its collector Roezl, and it was never adequately described though perfectly distinct from *Verschaffeltii* in several foliage respects, *e. g.* a thinner leaf margin and involute-grooved nearly straight end spine, in addition to the alternating inequality of its prickles which made its author confuse it at one time with the different species that he called *A. inaequidens.* The unvariegated form was grown at the Paris Garden as *A. heterodon,* and called by Cels *A. Verschaffeltii inaequidens.* Jacobi merged all in his own

crenata which included further the very different New Mexican species that Engelmann subsequently named *A. Parryi*, and seems to have been described from still another form the close relationship of which to the *amoena* form of *potatorum* or *Verschaffeltii* is recognized by Jacobi.

Fortunately some light is thrown on *A. Mescal* by material still extant. In the herbarium of the Berlin Garden, through the courtesy of Dr. Engler, I have been able to examine and copy a photograph, evidently of Koch's time, which represents a well developed plant and is labeled „*Agave crenata*, sin. *A. Mescal.*" This photograph shows the irregular marginal toothing noted by Koch for his *Mescal*, and also brings out an undescribed but characteristic feature of the broadly oblanceolate recurving leaves, which in their widest part are seen to have the margins sufficiently revolute to make them convex on the upper surface.

At Kew is now cultivated a plant under the name *A. scolymus crenata*, apparently perpetuating in varietal position the specific name given by Jacobi. The leaves of this are somewhat narrower and more gradually acute than in the Berlin photograph, and the largest of the red-brown prickles are connected by a very narrow similarly colored dry border on which stand numerous other unequal but mostly very small prickles. This again, notwithstanding its papery leaf margin, appears to represent *crenata* as understood by Koch, and to be his *A. Mescal*, though it is neither of the two other plants called *crenata* by Jacobi.

A. Hookeri.

The species of his own naming that Jacobi should really have conected *A. Mescal* with, appears to be *A. Hookeri*, his description of which, though from a larger plant, passably well fits the Berlin photograph, and this itself well pictures *Hookeri* as now grown at Kew.

There is also grown at Kew now a good specimen under the name *A. americana striata* which presents the specific characters of *A. Mescal*, but the leaves of which are marked by heavy irregular broken yellowish lines sometimes confluent into longitudinal median stripes which, except for the intervening lines of green, occupy all but a relatively narrow margin

of green on the back of some leaves. This plant, which I have been enabled to photograph through the courtesy of the late Director of the Kew Gardens, Sir W. T. Thiselton-Dyer, may be one of the London exhibition plants of 1871. There is no indication of its existence elsewhere.

Agave atrovirens Salm.

A. atrovirens marginata (1871).

A. atrovirens fol. var. Belg. Hort. 1871: 117. — André, Ill. Hort. 1872: 148.

A. Salmiana fol. aur. var. Garden, 7: 456. (1875).

A. Salmiana aureo-variegata. Veitch, Pl. Cat. 1876—7: 57; 1878: 82.

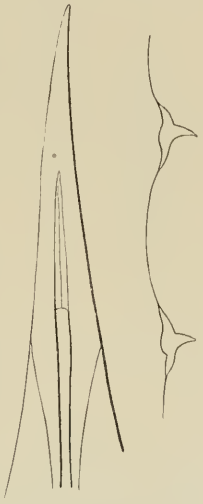
A. Salmiana variegata. Steiner-Pfersdorff, Cat. 1877: 29.

A. atrovirens fol. aur. variegatis. Sprenger, Monatsschr. f. Kakteenkunde. 6: 34. (1896.)

A. Salmiana [variegated]. Roland-Gosselin, Rev. Hort. 71: 255. (1899).

Variegation marginal, of a rather greenish yellow becoming golden in the best forms, with lines intruding into the center.

Rather common on the Riviera, where it has flowered, and to be found also, now, in botanical collections.



A. atrovirens.

Agave albicans Jacobi.

A. albicans medio-picta (1874).

A. micracantha picta. Gard. Chron. n. s. 1: 674. (1874). — Flor. & Pomol. 1874: 135. — Belg. Hort. 1875: 43. — Kew Hand List Tend. Monocot. 117. (1897).

A. micracantha variegata. Peacock, List. 2. (1878).

A. Ousselghemiana alba-picta. J. S. C., Gard. Chron. n. s. 23: 703. (1885).

??*A. densiflora.* Roland-Gosselin, Rev. Hort. 71: 255. (1899).

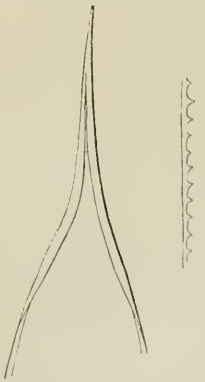
A. albicans variegata. Münzer, Monatsschr. f. Kakteenkunde. 3: 116. (1893).

A. albicans [variegated]. Baker, Handbook Amaryll. 191. (1888). — Nicholson, Dict. Suppl. 1: 27. (1900). — Rose in Bailey, Cyclop. 1: 35. (1900).

A. Ousselghemiana picta. J. C., Gard. Chron. III. 38: 346. (1905).

Variegation milk white, as a broad median stripe.

Apparently rare in collections. It is said to have flowered in England. No record of its



A. albicans.

source has been found, and the plants at the Berlin and St. Louis gardens — the latter due to the kindness of Dr. Engler — are of Kew origin, and all are probably from Peacock's original.

Agave Morrisii Baker.

A. Morrisii marginata (1888).

A. Morrisii [variegated]. Baker, Handbook Amaryll. 184. (1888).

A. Morrisii variegata. Voss & Siebert, Vilmorin's Blumengärtn. 1037. (1896). — Kew Hand List Tend. Monocot. 117. (1897). — Garden. 53: 94. (1898).

Variegation marginal, yellow, differing much in brilliancy from the related *A. sobolifera marginata*.

A. Morrisii.

Collected wild in the Blue Mountains of Jamaica and sentt o Kew by Sir Daniel Morris. Aside from this superb specimen, which the late Director, Sir W. T. Thiselton-Dyer permitted me to photograph, it is known only in a less cleanly variegated small plant in the Hope Gardens at Kingston, and large garden specimen in the suburbs of the same city, — both, like the type, said by Mr. Fawcett to have come from the mountains. A comparable plant seems to be grown in Bogotà. (Wercklé, Monatsschr. für Kakteenkunde. 17: 122. — 1907).

A. lophantha.

Agave lophantha Schiede.

A. lophantha marginata. (1893).

A. univittata var. Gard. Mag. 36: 521. (1893).

A. univittata variegata. Nicholson, Dict. Suppl. 1: 28. (1900).

Variegation marginal, white (in addition to the normal median stripe of light green).

A seedling raised by Kellock and exhibited in 1893, probably now at Kew. Apparently not otherwise known.

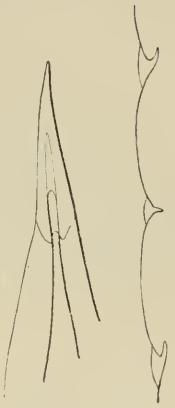
Agave fourcroydes Jacobi.

A. fourcroydes medio-picta (1905).

Variegation median, white, lightly tinged and finely striped with green. —

It is possible that certain of the the plants of common origin with this, noted below, may develop later into *striata* and even *marginata* variegations of the same coloration.

In 1905 a specimen of the gray sisal, — the henequen form most cultivated for fiber in Yucatan, flowered at the Missouri Botanical Garden, and later produced several thousand bulbils in the inflorescence. The parent plant, like a number of others of the same kind raised from seed twenty-five years or more ago, was of the typical coloration and showed no observed sign of variegation. Among its bulbils planted at the Garden, however, one or two were seen to have dingily variegated leaves, and an examination of about 425 bulbils, which remained of the original number, revealed traces of variegation in 18. It is probable that similar variegations were present in some of the remainder, of which a few had been distributed to botanical gardens, though the larger part were sent to a Brazilian correspondent for experimental planting.



A. furcroydes.

Of the plants in which the variegation was observed, the larger number have one or mostly a few narrow lines of greenish white running longitudinally as in the more obscurely striated form of *A. americana*, sometimes confined to one surface, but often with corresponding lines on the other side of the relatively thick young leaves. Sometimes these pale lines are observably sunken below the general leaf surface. Two specimens have an uneven marginal band of the same pale color on some of their leaves. One, only, of the bulbils retained shows on both faces a defined median stripe of greenish white, occupying as large a proportion of the width of the leaf as in the median-banded form of *americana*, like which, it has this band somewhat interrupted by lines of green. One other specimen has a less perfect development of the same type of variegation.

So far as I know, no variegation of this species has before been reported[1]). The nomenclature of its unvariegated form is rather involved. It is commonly called *Agave rigida elongata*, Baker; *A. rigida longifolia* Engelmann is an earlier name for it, and

[1]) An incipient ray of etiolation may, however, have been indicated by Roland-Gosselin, under the name *A. Lotli*, in 1899.

this varietal name has also been used for its specific designation There is little reason to question Engelmann's surmise that *A. fourcroydes* Jacobi is a still earlier name, or the frequently expressed opinion that it has no specific connection with the entire-leaved *A. rigida* described by Miller or the spiny-leaved Commelyn precursor of the latter in his Dictionary.

Furcraea Selloa Jacobi.

F. Selloa marginata. (1868).

Fourcroya Lindeni. K., Gard. Chron. 1869: 587. — André. Ill. Hort. 21: 167, *pl. 186.* (1874). — Belg. Hort. 1875: 44. — Baker, Gard. Chron. n. s. 11: 624. (1879). — Linden, Cat. 1880: 88. — Henze, Möllers Deutsch. Gärtn.-Zeit. 17: 547. *f.* (1902).

F. Selloa.

Fourcroya Lindenii. Jacobi, Versuch. Nachtr. 2. 79. (1870—1). — Hesdörffer, Gartenwelt. 10: 212—213. *f.* (1906). — Peters, Gartenwelt. 11: 135 6. *f.* (1906).

Agare cubensis striata. Peacock, List. 2. (1878).

Agare (Fourcroya) Lindeni. Von der Heiden, Cat. 60: 11. (1879); 63: 12. (1880).

Furcraea Lindeni. Baker, Handbook Amaryll. 199. (1888). — Franceschi in Bailey, Cyclop. 2: 620. (1900). — Drummond, Rept. Mo. Bot. Gard. 18: 29, 54, 75. (1907).

Furcraea cubensis Lindeni. Kew Hand List Tend. Monocot. 141. (1897).

Furcroea gigantea var. Wood, Gard. Chron. III. 23: 227. *f. 84.* (1898).

Variegation marginal with intruding stripes, bright yellow.

Said to have been discovered wild in the mountains of the Cauca valley, Colombia, by Wallis: now one of the commonest of variegated Agaveae in cultivation, and universally known under the name *F. Lindeni* commemorative of its introducer.

Furcraea gigantea Vent.

F. gigantea medio-picta (1875).

Agare (Fourcroya) variegata. Garden. 7: 456. (1875).

Fourcroya variegata. Peacock. List. 3. (1878).

Furcraea gigantea variegata. Kew Hand List Tend. Monocot. 141. (1897). — Franceschi in Bailey, Cyclop. 2: 620. (1900).

Furcraea Watsoniana. Gard. Chron. III. 23: 242 3. *f. 90.* (1898). — Drummond, Rept. Mo. Bot. Gard. 18: 58. (1907).

F. gigantea.

Furcraea gigantea Watsoniana. Drummond, Rept. Mo. Bot. Gard. 18 : 59. (1907).

Variegation creamy-white, median, interrupted by stripes of green.

Apparently the Kew specimen is now unique.

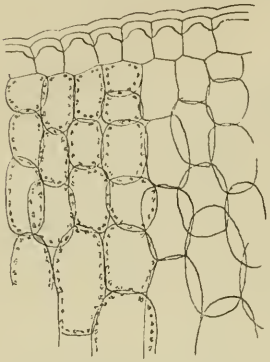
Structure.

The variegations that have been observed in Agaveae are primarily etiolations of the normally green subepidermal parenchyma, producing a greenish white or milk white effect according to its completeness or the depth of its penetration below the epidermis which itself is deprived of chloroplasts except for the sunken guard cells of the stomata. Yellow or juvenile rosy recolorations of the etiolated parts result respectively from the rather sparing development of a plastid or cell-sap pigment.

A section across a thick leaf of the *americana* type shows to the naked eye that its normal coloration is mainly confined to a deep-green zone scarcely exceeding 1—1·5 *mm* in thickness on the upper surface, and noticeably thinner on the lower surface when this is turned from the light. Though a tissue of markedly elongated palisade cells is absent, the nearly isodiametric cells of this green zone are arranged in regular series perpendicular to the epidermis. Under this, the shade of green is much paler, either throughout the blade when this is not very thick or fading away toward its center in the thicker or basal part, with a persisting tinge immediately about some of the fibro-vascular bundles. The darker coloration appears to mark the effective depth of penetration of actinic light through the chlorophyll-charged tissue; and the disappearance of all coloration, the ultimate limit of its penetration. In variegated leaves, on the other hand, it is noticeable that fully colored green bands may immediately underlie the etiolation or even be found at all depths in the mesophyll under the translucent windows afforded by large median blanched stripes.

The direct cause of the marked differences in the green coloration lies in the plastid contents of the cells. In the outer deep-green zone the chloroplasts are numerous and commonly large, often measuring 7—10 μ in diameter: below it they become absolutely and relatively less numerous and less pigmented, and they are smaller, scarcely reaching 4 μ in diameter, — a condition that has been attributed by Zimmermann to variegation-blanching in general.

In the case of variegated leaves, the etiolation lies in the subepidermal zone that is normally colored deep-green and may extend entirely through it, though in cases where the variegation is less brilliant there remains a thin and sometimes unequal underlying stratum of green. The etiolated parts are usually very abruptly differentiated from the adjacent green, and in cross section appear like squarely inlaid pieces in mosaic work. Narrow green lines intruded into the light part, or white lines intruded into the green, may consist of only one or two rows of cells, but these, like the wider bands of either color, pass into the leaf at right angles to its surface. Where a greenish-white stripe flanks more brilliant variegation, this commonly results from the pigmentation of the inner part of the green zone, only the outer part of which is then etiolated, sometime in a step-like way, and the transition of such paler and brighter strips is likely to be less angularly limited than usual, while the intrusion of mesophyll green into marginal variegations may be irregular or rounded. Sometimes the etiolated parts are sunken below the general leaf surface and they usually shrink more rapidly, so as to become sunken, in wilting leaves.



A. americana medio-picta.

In clear white markings there is all but complete suppression of recognizable plastids: but a tinge of green which such markings often show is caused by small chloroplasts, comparable with those of the normal light green mesophyll, and a proper light intensity causes such variegations to become nearly obliterated temporarily through increase in this pigmentation. The variable and rather elusive yellow pigmentation of etiolated parts seems not to result from the conversion of large chloroplasts into brilliant chromoplasts, but to reside in the coarse granules of the cytoplasm, which are doubtless of plastid nature.

The normal paler ventral median band, and the general dorsal light color of the leaves of many of the marginate Littaeas are also due to an etiolation, apparently comparable with that of variegated leaves, but less complete and usually involving fewer layers of cells which are underlaid by chlorophyll-bearing tissue that more gradually reaches the surface at the sides of the paler

parts instead of abruptly stopping to a considerable depth. The darker dorsal vittae of such leaves are merely parts in which this fully pigmented green tissue reaches out to the surface.

Origin and Transmission.

The physiological reason for the frequently marked pale ventral stripe and conspicuous dark dorsal vittae shown by some species in nature has not been ascertained. On the lava-beds of Naulingo, where the type of the first named marginate Littaea (*A. lophantha*) was observed, the typical form, nearly destitute of a ventral stripe, and its striped form (*A. univittata*) occur intermingled. *A. Lecheguilla* presents a pale form with very marked dorsal striation, and the more deeply colored form in which the vittae are but little darker than the rest of the leaf, without demonstrated relation to environment, though the plants of a given locality may produce the impression of uniformity; and the paler form has been observed to assume the darker coloration under lessened northern light intensity.

It might have been supposed that the normally though imperfectly striped Littaeas, like these marginate species and *A. pendula*, would have furnished most of the horticultural variegations. As a matter of fact, however, aside from *univittata*, *A. xylonacantha* is the only one of either series that seems to have developed such variegation, and in the former this is marginal while in the latter species, though dorsal green lining is evident, normal ventral banding is practically absent.

The variegations, therefore, are apparently of causation independent of such normal beginnings, and this is no less obscure than for the latter. Professor De Vries, considering leaf variegations in general as at once among the commonest and least understood of plant anomalies, holds them to be subject to environmental influence, and liable to great variation and continued reversion into green or redevelopment from this normal coloration, both by seeds and buds.

As Korschinsky[1]) has pointed out, the transmission of variegations by seed, in *Agave*, has been too little tested to warrant very general inferences. Roland-Gosselin[2]) found not a single variegation in thousands of seedlings raised from *A. Milleri picta*

[1]) Flora. 89: 304. (1901).

[2]) Rev. Hort 71: 254. (1899).

[A. picta]. On the other hand, the same writer speaks [1]) of *A. densiflora* [*A. albicans mediopicta?*] as producing variegated plants both by seeds and suckers. Of the comparably variegated forms of *Yucca aloifolia*, it has been stated [2]) that seedlings are green; but Viviand-Morel [3]) speaks of a few variegated seedlings among some fifty green ones, raised from a variegated *Yucca*.

These statements, if accurate, show that in some cases variegation in these genera is seminally transmissible: if so, it is unsafe to say that the character may not lie dormant in any or all of the green seedlings of variegated parentage, awaiting development in themselves or their offspring by favoring environment, like the latent image on a photographic plate. It is to this extent, only, that environment appears to work in this class of variations, which in this respect seem comparable with certain fasciations [4]).

Variegated plants in these groups as a rule seem to transmit their characters true to suckers, and this is the common mode of propagating them in gardens. Morren [5]) states that the long-established *[marginal?]* variegation of *A. americana* is always transmitted true in this way. No observations appear to have been recorded on the bulbils of such plants, but the abundant variegated forms of *Furcraea Selloa* and *Agave angustifolia* ought to afford ready evidence on this point in the warm parts of the world. Though the broadly striated and median-banded forms of variegation, which appear to be only extremes of a single type, seem to interchange when vegetatively propagated, and the latter has even been seen to give origin to entirely greenish-white, white, or yellow suckers too far etiolated to be capable of independent existence [6]), there is as yet no recorded evidence that the marginal and median types of variegation are so interchangeable, and no median variegations have been reported during the forty or fifty years in which *Furcraea Selloa marginata* and *Agave picta* have been commercially propagated.

However it may have originated and whatever its unseen

[1]) l. c. 255.

[2]) Gard. Chron. n. s. 18: 245: 407. (1882).

[3]) Lyon Horticole. 1893. 144.

[4]) *Cf.* Hus, Rep. Mo. Bot. Gard. 17: 149: (1906).

[5]) Bull. Acad. Belg. II. 19: 234. (1865).

[6]) Weingart, Monatsschr. f. Kakteenkunde. 5: 30. (1895). — Roland-Gosselin, Rev. Hort. 71: 254. (1899). — The latter writer finds that at least one-eighth of the leaf-surface must be green to enable the plant to live after separation from the parent plant.

history as a reversion, variegation as a latent possibility in *Agave* appears to be indicated to a close observer now and then in the presence of an occasional isolated, sometimes very short, etiolated ray on otherwise green leaves of species in which other variegation is unknown. Such lines have been recorded by M. Roland-Gosselin[1]) for *A. applanata*, *A. attenuata*, *A. ferox*, and *A. Ixtli* [*fourcroydes*?]. A small plant of a rough-leaved species doubtfully referred to *A. asperrima*, from Chalchihutes, Mexico, recently received at the Missouri Botanical Garden, shows on one leaf an impressed white dorsal line at one side of the middle, which is of this character, and most of the 18 bulbil-plants of *A. fourcroydes* to which reference has been made above show such lines now and then.

From the behavior of the *fourcroydes* variegation it may be anticipated that variegated offsets will sooner or later be secured from any of these individuals. The recorded occurrence of occasional seedlings perpetuating other variegated Agaves and Yuccas also suggests that some of the green seedlings of such plants may be expected later to sport into pronounced variegations.

These incipient variegation marks, as they appear to be, are sometimes disconnected from the base of the leaf; but the fact that they are occasionally found on more than one leaf of the plant suggests their real origin in the cauline meristem, as is the case with variegated pears (Verlot) and, conspicuously, with *Ficus Parcelli*. The occurrence of a number of bulbils with such markings on one plant of *A. fourcroydes*, which had not been observed to have even these slight variegations (though such could easily have been overlooked), prompts the question whether the bulbils were indiscriminately scattered through the panicle or came from one of its branches only, — a question which cannot be answered now; but it strengthens the assumption of a cauline origin for the etiolation. The observation of a single line of this character only, on a single leaf, therefore warrants the hope that has been expressed of its reappearance, perhaps in a more marked form, later in the life of the individual, or in its descendants, either vegetative or seminal.

M. Roland-Gosselin, speaking of *A. americana*, has suggested that suckers from a plant with variegated leaves will be

[1]) Rev. Hort. 71: 255. (1899).

green, particolored or entirely etiolated according to their origin respectively opposite a green part of the leaf, astride the intersection of green and white, or entirely opposite the latter. The constancy of *A. picta*, *A. americana marginata*, etc., however, seems to show that except in incipient variegations, in which this may perhaps occur, the meristem initials of the etiolated parts are so inherently fixed in distribution as to perpetuate with general constancy the ancestral type of variegation.

St. Louis, Missouri, U. S. A., August 31, 1907.

Explanation of Plates.

VI. Agave americana. — Above: Three thick sections, at different distances from the base, of var. *striata*. — Below: Sections, near the base, of var. *marginata* and var. *medio-picta*, — the middle figure representing the more striate form of the latter. (All × 2).

VII. Agave americana marginata, at right, and *A. picta*, at left. Very young plants, but well contrasted. (× 1/2).

VIII. Agave angustifolia marginata. Cultivated in the Botanical Garden, Dominica. (× 1/11).

IX. Agave Hookeri striata. Cultivated at the Royal Gardens Kew. (× 1/5).

X. Agave albicans medio-picta. Cultivated at the Royal Gardens, Dahlem, near Berlin. (× 1/4).

XI. Agave Morrisii marginata. Cultivated at the Royal Gardens, Kew (× 1/15).

XII. Agave fourcroydes medio-picta. Cultivated at the Missouri Botanical Garden. A two-year-old bulbil plant, not yet showing the mature characters of the species. (× 1/2).

Explanation of figures in the Text.

The spine and marginal teeth are of natural size. — The cross section of a leaf-fragment of *Agave americana medio-picta* shows the abrupt cessation of the chlorenchyma at the edge of the variegation-band (× 100).

Über das Bacterium polychromicum und seine Farbstoffproduktion

von

Heinrich Zikes (Wien).

Eingelangt am 6. Oktober 1907.

Im Jahre 1902 hatte ich in den Mitteilungen [1]) (X. Heft) der Versuchsstation für Brauindustrie ein Bakterium beschrieben, welches dem in Macés Mikrobiologie beschriebenen Bacille polychrome ziemlich nahe verwandt ist, aber doch in manchen Eigenschaften, so namentlich in Gestalt und Größe sowie auch in der Farbstoffproduktion, prägnante Unterschiede zeigte.

Dieses Bakterium, welches ich *Bacterium polychromicum* (*Zikes*) nannte, erwies sich, wie ich damals mitteilte, trotz aller aufgewendeten Mühe zur Weiterzucht auf den üblichen künstlichen Bakteriennährböden so wenig geeignet, daß es sehr bald, namentlich was die Bildung von Farbstoffen anlangt, degenerierte und schließlich ganz einging. Es war mir nur möglich, eine kurze morphologische Beschreibung desselben zu geben sowie ziemlich oberflächlich auf seine Wachstumsbilder auf einigen Nährböden hinzuweisen. Die Untersuchung der Farbstoffe dagegen war durch die rasche Degenerierung unausführbar.

Vor einiger Zeit gelangte ich unter eigentümlichen Umständen neuerdings in den Besitz eines sich in bezug auf Morphologie und Farbstoffproduktion ganz gleich verhaltenden Mikroben. Derselbe wurde zuerst in Form einer Kolonie auf einer Peptongelatineplatte entdeckt, die zu dem Zwecke gegossen wurde, um die Sterilität einer ziemlich stark alkalischen Zuckerlösung festzustellen.

Ich will es dahingestellt sein lassen, ob derselbe wirklich aus der Zuckerlösung stammte oder als Luftinfektion zu betrachten war. Denn bei einer neuerlichen Untersuchung der Zuckerlösung konnte zwar der Organismus durch Aussaat auf Peptongelatine nicht mehr zur Entwicklung gebracht werden, doch erwiesen Züchtungsversuche,

welche ich mit demselben auf verschieden alkalisch gemachten Peptongelatinen durchführte, eine immerhin ziemlich hohe Festigkeit desselben gegenüber Alkalien.

Bei dem Studium des Bakteriums, welches sich gerade im Gegensatz zu dem im Jahre 1902 gefundenen auf den verschiedensten Nährsubstraten als sehr lebensfähig erwies, stellte ich durch öfteres Umzüchten des Organismus auf Peptongelatine vor allem völlig einwandfreie Reinkulturen her.

Diese Kulturen wurden auf Kartoffelscheiben weitergeführt, doch wurde nicht außer acht gelassen, dieselben zeitweise durch Aussäen auf Peptongelatine auf ihre Reinheit nachzuprüfen.

Dieses sich durch eine ziemlich stark hervortretende Polymorphie auszeichnende Bakterium entwickelt in Nährbouillon kurze Stäbchen von 2 μ Länge, 1 μ Breite, in Hefewasser kokkenartige Stäbchen von 1 μ Länge, fast ebensolcher Breite, in Peptonwasser Stäbchen von 0·5 μ Breite und kaum 1 μ Länge, die häufig Coenobien von Fadenform bilden.

Auf Dextroseagar und Glyzerinagar ist die kokkenartige Form, auf Kartoffel, in Milch, in Heudekokt die Stäbchenform die vorherrschende.

Nach Gram wird der Organismus nicht entfärbt; sämtliche Formen sind unbeweglich und gelang es auch nicht durch die entsprechenden Färbungsversuche Geisseln nachzuweisen. Züchtungsversuche, welche auf Weizenagar, Kartoffel, gelber Rübe vorgenommen wurden, ergaben die Unfähigkeit des Organismus, Sporen zu bilden. Da ich in meiner früheren kurzen Arbeit infolge der geringen Lebensfähigkeit des damals gefundenen Mikroben nur ganz ungenau das Wachstum auf den verschiedenen üblichen Bakteriennährböden schildern konnte, will ich vorerst sein Verhalten in dieser Richtung einer genaueren Beschreibung unterziehen.

Die Kolonien desselben auf Peptongelatine verflüssigen langsam zuerst tellerförmig, später trichterförmig. Die Bakterienmasse selbst besitzt eine gelbgrüne Farbe; die Gelatine erhält bei 5—6 Tage alten Kolonien bis zur Entfernung eines Millimeters von denselben einen gelbgrünen, weiter entfernt einen blauvioletten bis blauroten Farbenton, welcher je nach dem Alter der Kolonie um die gelbgrüne Zone einen 4—10 *mm* breiten Hof bildet. Bei ganz jungen Kolonien schließt sich diese Farbe ohne Übergang nach grüngelb dicht an die Kolonie an und wird erst später durch die grüngelbe Farbe verdrängt. Die bereits verflüssigten Teile der Gelatine besitzen eine sattgrüne Farbe.

Bei 60facher Vergrößerung erscheint die Bakterienmasse dicht zusammenhängend am Boden der verflüssigten Einsenkung. In derselben sind bald größere, bald kleinere blaugrüne Farbstoffausscheidungen sichtbar, welche entweder die Kugelform aufweisen oder zu drusenförmigen Gebilden angeordnet sind. Auch in der die Kolonien umgebenden Gelatine finden sich zartere Farbstoffausscheidungen von ähnlichen Formen, und zwar in nächster Nähe derselben von blaugrünem, in weiterer Entfernung von blaurotem Farbenton.

Auf Dextroseagar ensteht ein zarter gelber Belag unter violettrosa Färbung des Nährsubstrats. In Stichkulturen beginnt die Färbung dieses Nährbodens im obersten Teile, also an der Oberfläche, schon am dritten Tage; zur Zeit der höchsten Farbstoffentwicklung (etwa nach acht Tagen) hat man von oben nach unten alle Farbenübergänge vom sattesten Blauviolett bis zum zartesten Rosa. In umgekehrter Weise treten die Farben in der Stichkultur auf. Der in den Agar diffundierende Farbstoff färbt den Nährboden im untersten dicksten Teile blauviolett, um dann allmählich nach oben in eine schwache Rosafärbung überzugehen.

Der Einfluß der Temperatur auf die Farbstoffproduktion macht sich in ähnlicher Weise bemerkbar wie bei vielen anderen Pigmentbakterien. Als die günstigste Temperatur für die Farbstoffbildung wurden 20° erkannt; bei 25° ließ die Farbstoffproduktion schon bedeutend nach und hörte bei 28° vollständig auf.

Nährbouillon wird anfänglich getrübt, dann tritt Klärung unter Deponierung eines staubigen Sediments ein, welches sich schlierenförmig aufwirbeln läßt. In dieser Nährflüssigkeit ergibt die Prüfung auf Schwefelwasserstoff ein negatives Resultat. Dieses Nährmedium wird farblich nicht verändert.

In Peptonwasser findet wieder Farbstoffbildung statt. Die Farbe ist blauviolett und geht bei Behandlung mit Säuren in einen mehr rötlichen Farbenton über; durch Spodium ist es möglich, eine vollständige Entfärbung zu erzielen. Milch wird unter alkalischer Veränderung zersetzt. Der oberste Rand dieses Nährbodens färbt sich im vorgeschrittenen Stadium der Kultivierung intensiv violett und kommt es dann zur Ausscheidung von kleinen blauviolett gefärbten Kristalldrusen. Auf der Kartoffel bildet das Bakterium einen überaus kräftigen sattgelb gefärbten Belag; der Nährboden selbst färbt sich von der Impfstelle aus intensiv indigoblau. Diese satte Färbung erstreckt sich schließlich über den ganzen Nährboden. Er erscheint dann wie in eine konzentrierte Indigolösung getaucht.

Das Innere der Kartoffelstücke hat zu dieser Zeit eine bald stärkere, bald schwächere blauviolette Färbung angenommen. Bei einer schwächeren Vergrößerung erscheinen die Endospermzellen schwach blau gefärbt. Es wurde daher anfänglich vermutet, daß der Organismus Jod oder eine diesem ähnliche Substanz zur Ausscheidung bringe, welche die Granulosereaktion ergibt. Bei stärkerer Vergrößerung wurde jedoch wahrgenommen, daß der Farbstoff nicht diffus im Nährboden verteilt, sondern an bestimmten Stellen in Form blaugefärbter Kristallite ausgeschieden ist. Dieses Wachstumsbild ist das häufigste. Die Blaufärbung der Kartoffel scheint aber sehr von der Zusammensetzung, namentlich von der Art ihrer Stickstoffsubstanzen [2]), abzuhängen. So wurden hie und da Kartoffelstücke angetroffen, welche nur einen schwach violetten oder sogar einen rötlichen Farbenton annahmen. Auch auf gelber Rübe schwankte die Farbstoffproduktion, sehr häufig blieb dieser Nährboden durch das Bakterium farblich ganz unbeeinflußt, bald wurde er schwach violett gefärbt.

Der chromgelbe Farbstoff aber, welchen das Bakterium innerhalb der Kultur selbst zur Ausscheidung bringt, ist in Art und Intensität der Farbe stets der gleiche. Derselbe ist, wie vorauszusehen, nicht direkt in den Bakterienzellen selbst eingelagert, sondern findet sich außerhalb derselben in Form von gelbgefärbten Kristalldrusen ausgeschieden. Das Bakterium gehört demnach nach Beijerincks Nomenklatur zu den chromoparen Spaltpilzen.

Um die Identifizierung des gelben Farbstoffes durchzuführen, wurden Kartoffelkulturen in größerem Maße angelegt. Dieselben befanden sich in großen, am Boden mit feuchtem Filtrierpapier ausgelegten und hierauf sterilisierten Petrischalen, welche in ein weites, am Grunde mit Wasser bedecktes Gefäß übereinander gestellt wurden. Durch Überdecken desselben mit einem Glassturze wurde eine feuchte Kammer geschaffen. In dieser hatten die Organismen stets die genügende Menge Feuchtigkeit und konnten zu kräftigen Kulturen auswachsen. Schon nach 8—10 Tagen hatten die Bakterienbeläge eine derartige Mächtigkeit erlangt, daß sie bei einiger Vorsicht leicht in ihren oberen Partien abgehoben werden konnten, ohne daß Fragmente des blaugefärbten Nährbodens selbst zu dem Untersuchungsmaterial kamen. Der dicke, rein gelb gefärbte Bakterienbrei wurde gesammelt und in 96% Alkohol eingetragen, welcher alsbald nach mehrmaligem Umschütteln eine intensiv gelbe Farbe annahm.

Diese alkoholische Lösung wurde dann von den Bakterienleibern zuerst durch Filtration mittels sehr dichten Filterpapieres, später mittels eines völlig keimdichten Pukallfilters befreit und vorsichtig abgedunstet. Es hinterblieb eine fettartige Masse, welche die Akroleinreaktion ergab. Da aus dieser Reaktion ersehen wurde, daß die gelbe Farbe höchstwahrscheinlich ein Lipochromfarbstoff, also Lipoxanthin ist, wurde der hinterbliebene Rückstand am Rückflußkühler mittels alkoholischer Natronlauge verseift, worauf sich nach dem Abkühlen eine geringe Menge einer seifenartigen Substanz auf der Oberfläche abschied, während die Flüssigkeit selbst die gelbe Farbe in gleicher Stärke wie zuvor behalten hatte. Die Flüssigkeit wurde durch Filtration von der ausgeschiedenen Seife getrennt und kräftig mit Petroläther ausgeschüttelt. Hierbei ging die Farbe zur Gänze in den Petroläther über. Ein Teil der Petrolätherlösung wurde dann weiter bis zur Trockne eingedampft, wobei eine gelbgefärbte Masse hinterblieb, die, mit konzentrierter Schwefelsäure befeuchtet, sofort eine dunkelblaue Färbung annahm. Der zweite Teil der Petrolätherlösung, welche zirka 1 Teil des Farbstoffes auf 100 Teile Lösungsmittel enthielt, wurde zu einer spektroskopischen Untersuchung verwendet. Hierzu bediente ich mich des Vergleichspektroskops von Quincke, welches mir von der Firma Zeiss, Jena, zur Verfügung gestellt wurde. Die spektroskopische Untersuchung ergab zwei Absorptionsbänder, von welchen das eine zwischen 46·3 bis 47·3, das zweite zwischen 43 bis 43·7, also das erste nahe bei *F*, das andere nahe bei *G* lag.

Aus beiden Untersuchungsergebnissen ist zu ersehen, daß der gelbe Farbstoff, welchen das Bakterium in seinen Kulturen selbst ausscheidet, Lipoxanthin ist.

Der Farbenumschlag von gelb nach blau bei Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure ist für Lipoxanthin ebenso typisch, wie die Lage der Absorptionsbänder, welche auch die Lipoxanthinfarbstoffe von *Bacterium chrysogloea*, *Bacterium egregium* und *Staphylococcus pyogenes aureus* genau an denselben Stellen im Spektroskop aufweisen.

Hält man nun den gelben Farbstoff in der Bakterienmasse selbst dem dunkelblauen Farbstoff in der Kartoffel entgegen, so erscheint es anfangs naheliegend, an irgend einen genetischen Zusammenhang beider Farbstoffe zu denken.

Ich konnte mich anfänglich dem Gedanken nicht verschließen, daß der gelbe Lipoxanthinfarbstoff durch gewisse in die Kartoffel

ausgeschiedene Substanzen ähnlich farblich i. e. chemisch verändert, werde, wie durch Schwefelsäure.

Ich nahm die Versuche in dieser Richtung auf, indem ich aus der Kartoffel den blauen Farbstoff mittels Alkohols, in welchem er sich leicht löste, auszog. Zu diesem Zwecke wurden nur jene Teile der Kartoffeln verwendet, welche intensiv blau gefärbt waren und keine Spur der gelbgefärbten Bakterienmasse enthielten. Die alkoholische Lösung wurde in gleicher Weise behandelt, wie sie bei der Reindarstellung des Lipoxanthins angegeben wurde. Die einzelnen Operationen konnten ungestört bis zu dem Punkte gebracht werden, wo es sich um die Verseifung des blauen Farbstoffes durch alkalische Natronlauge handelte. Bei dieser Behandlung verschwand aber plötzlich der blaue Farbstoff, die Flüssigkeit hatte einen schwach gelblichen Farbenton angenommen und der zum Ausschütteln verwendete Äther war natürlich farblos geblieben. Wäre Lipocyanin vorhanden gewesen, so hätte dieser Farbstoff allen Operationen in gleicher Weise wie Lipoxanthin standgehalten und wäre schließlich an der Blaufärbung des Petroläthers erkannt worden.

Durch das schnelle Verschwinden des Farbstoffes bei Behandlung mit alkoholischer Natronlauge wurde aber meine Aufmerksamkeit nach einer anderen Richtung gelenkt. Es war nach dem Gesagten anzunehmen, daß der Farbstoff sehr labil sei und leicht Leukoverbindungen bilde, also sich ähnlich verhalte wie Indikanfarbstoffe. Bestärkt wurde ich hierin noch dadurch, daß der Farbstoff, welcher aus der Kartoffel mittels heißen Alkohols am Rückflußkühler extrahiert wurde, nach längerem Erhitzen gleichfalls verschwand, aber während einer nachfolgenden Filtration des Lösungsmittels, bei welcher der Farbstoff mit dem Sauerstoff der Luft in innige Berührung kam, wieder erschien. Auch konnte beobachtet werden, daß tieferliegende Stellen der blaugefärbten Kartoffelstücke, welche weniger blau gefärbt waren, sobald sie mit der Luft in Berührung kamen, sofort eine intensivere Blaufärbung annahmen.

Ich ging dieser Erscheinung daher weiter nach und fand, daß eine wässerige Lösung des Farbstoffes durch Aluminiumamalgam entfärbt wurde, daß dagegen eine farblose Lösung durch Zusatz einer geringen Menge von Wasserstoffsuperoxyd wieder ihre Farbe annahm.

Auch auf rein biologischem Wege konnte ich eine Reduktion des Farbstoffes hervorrufen. Ich infizierte nämlich einen durch Extraktion mittels Wassers aus den Kartoffeln erhaltenen Auszug,

welchem eine geringe Menge Traubenzucker und Pepton zugefügt wurde, mit Kolonbakterien (der Nährboden war durch Zusatz von Äther und nachherigem Verjagen des Äthers im Vakuum bei 30° sterilisiert worden).

Das Kolonbakterium bildet aus Kohlehydraten unter anderen Ausscheidungsprodukten, wie Säuren, eine reichliche Menge von Gasen, welche etwa zu $^1/_4$ aus Kohlensäure, zu $^3/_4$ aus Wasserstoff bestehen. Die Wirkung dieser Ausscheidungen, speziell des Wasserstoffes in statu nascendi, trat bei meinem Versuche bald zutage. Die Flüssigkeit verlor immer mehr an Farbe und nahm schließlich einen unausgesprochen gelblichen Farbenton an. Nur die knapp unter der Oberfläche befindlichen Flüssigkeitsanteile blieben gefärbt, nahmen aber infolge der vom *Bacterium coli* ausgeschiedenen Säuren eine mehr rötlichviolette Farbe an. Interessant war hierbei, daß die Farbe, welche nach jedesmaligem Schütteln der Flüssigkeit verschwand, sich nach kurzer Zeit an der Oberfläche wieder einstellte. An dieser Stelle wurde der Farbstoff durch Zutritt von Luftsauerstoff eben wieder regeniert.

Wie aus allen diesen Versuchen hervorgeht, ist der durch das Bakterium in der Kartoffel abgeschiedene Farbstoff tatsächlich äußerst empfindlich. Er bildet leicht Leukoverbindungen, läßt sich aber unter Umständen wieder leicht regenerieren.

Um denselben näher zu identifizieren, wurde zunächst sein Verhalten im Spektroskop untersucht. Es wurde zu diesem Zwecke die alkoholische Lösung vorerst durch sehr dichtes Filterpapier, hierauf durch ein Pukallfilter filtriert und der spektroskopischen Analyse unterzogen. Bei derselben zeigte sich ein Absorptionsband zwischen 52 und 62, also von *b* über *E* bis fast nach *D*. Dieses Absorptionsband hat große Ähnlichkeit mit dem Spektrum einer Indigoblaulösung, welches durch ein nach rot scharf abgegrenztes Band zwischen *D* und *b* charakterisiert ist.

Ferner wurde eine Reindarstellung des Farbstoffes versucht. Es mußte die Lösung zuerst von allen gelösten Fettanteilen der Kartoffel, dann auch von den Spuren etwa gelöster Eiweißkörper befreit werden.

Die vollständig blank filtrierte alkoholische Lösung wurde zu diesem Zwecke solange mit neutralem Petroleumäther ausgeschüttelt, bis nach dem Verdunsten desselben kein fettartiger Rückstand hinterblieb. Die alkoholische Lösung wurde hierauf mit einer konzentrierten völlig neutralen schwefelsauren Ammonlösung versetzt,

um auch die etwa vorhandenen Eiweißspuren zu fällen. Nachdem dies geschehen, wurde die filtrierte Flüssigkeit im Vakuum über Schwefelsäure so lange belassen, bis die Masse nahezu trocken geworden war und diese hierauf wieder in Alkohol gelöst.

Leider hatte der Farbstoff den abschließenden Operationen nicht standgehalten und war sichtlich verändert worden, indem der zur Lösung benutzte Alkohol sich nur schwach rosa färbte. Die Versuche wurden in dieser Richtung vorläufig sistiert, dagegen das Verhalten des Farbstoffes gegenüber Säuren und Alkalien überprüft. Verdünnte Schwefelsäure verändert die blauviolette Farbe der wässerigen Lösung in rotviolett, beim Erhitzen verschwindet die Farbe vollständig; ebenso verhält sich Salzsäure. Durch Salpetersäure wird der ursprüngliche Farbenton direkt in violett verwandelt. Auch Essigsäure ruft einen Umschlag nach violett hervor, doch verschwindet diese Farbe im Gegensatz zur Behandlung mit anorganischen Säuren auch nach dem Erhitzen nicht. Mit Sodalösung versetzt, nimmt die Lösung einen ausgesprochen blauen Farbenton an, welcher nach dem Erhitzen nicht wieder zurückkehrt. Ammoniak endlich ruft eine Veränderung der Farbe nach blaugrün hervor. Die Lösung nimmt nach dem Erhitzen und Wiederabkühlen eine dunkelgrüne Farbe an.

Ferner wurde noch festgestellt, daß die Farbe in Chloroform und Benzol unlöslich ist, daß sie mit Zink und Schwefelsäure sofort in die Leukoverbindung übergeht.

Der rotviolette Farbstoff, welchen das Bakterium in Gelatine und Agar erzeugt, dürfte mit dem blauen Farbstoff, welchen es in der Kartoffel zur Ausscheidung bringt, nahezu identisch sein, da einzelne Reaktionen, so namentlich auf Reduktion und Oxydation, sowie auch die durch Säuren und Ammoniak hervorgerufenen Reaktionen die größte Ähnlichkeit dieser Farbstoffe ergeben. Die Unmöglichkeit, größere Mengen derselben vorläufig zu beschaffen, behinderte mich, noch genauer auf dieselben einzugehen.

Die allmähliche Verwandlung des blauroten Farbstoffes auf Peptongelatine in einen grünen erklärt sich dahin, daß der Organismus auf diesem Nährboden Ammoniak bildet, welches Ausscheidungsprodukt ich direkt in den verflüssigten Gelatineanteilen nachweisen konnte.

Vergleicht man hiermit die früher angegebene Reaktion von Ammoniak auf den durch Alkohol ausgezogenen Farbstoff, welche einen Farbenumschlag nach grün ergibt, so kann man sagen, daß

der Organismus selbst die Anwesenheit von Ammoniak in seinen Peptongelatinekulturen anzeigt.

Über die Art der bereits beschriebenen blauen und violetten Bakterienfarbstoffe ist mit wenigen Ausnahmen nicht viel Nennenswertes bekannt. Fast alle hierher gehörenden Farbstoffe sind eigentlich nur hinsichtlich ihres Verhaltens gegenüber Säuren und Basen etwas genauer beschrieben. So entwickeln *Bacterium violaceum* und *Bacterium janthinum* nach Schneider[3]) und auch nach Lehmann[4]) ein violettes Pigment, welches in Alkohol leicht lösbar, dagegen in Wasser, Äther, Benzol und Chloroform unlöslich ist. Im trockenen Zustand wird es mit konzentrierter Schwefelsäure gelb, mit Kalilauge versetzt, smaragdgrün gefärbt. In alkoholischer Lösung wird seine Farbe durch alle starken Säuren und Ammoniak nach grün bis blaugrün verändert. Mit Zink und Schwefelsäure tritt Entfärbung ein. Dieser Farbstoff, welcher von Lehmann[5]) *Janthin* genannt wurde, unterscheidet sich von dem beschriebenen, abgesehen von seiner großen Beständigkeit hauptsächlich durch die Unlöslichkeit in Wasser und die ganz verschiedenen Farbstoffveränderungen bei Behandlung mit Säuren. Ferner wurde von Claeßen[6]) der blaue Farbstoff des indigoblau wachsenden *Bacterium indigonaceum* untersucht. Dieser Farbstoff ist nach Angaben des Autors in den üblichen Lösungsmitteln unlöslich. Gleichfalls verschieden von dem beschriebenen ist ferner das blaue Pigment, welches vom *Bacterium syncyaneum* neben *Bacteriofluorescein* gebildet wird und welches Lehmann *Syncyanin* nannte. Dieser Farbstoff wird von Thumm[7]) als sehr unbeständig bezeichnet; Säuren färben ihn stahlblau; bei schwacher Azidität des Nährbodens ist er blauschwarz, bei neutraler Reaktion desselben schwarz, bei alkalischer Beschaffenheit braun bis braunschwarz. Scholl[8]) hält ihn für eine Ammoniakfettsäureverbindung.

Das aus den Kulturen von *Bacterium pyocyaneum* abscheidbare *Pyocyanin*[9]), ein prachtvoll blauer kristallinischer Körper, ist in Chloroform löslich und läßt sich hierdurch von dem gleichzeitig gebildeten gelben Farbstoff, dem *Bacteriofluorescein*[10]) trennen. Auch mit diesem Farbstoff, welcher als eine den Ptomainen nahestehende stickstoffhaltige Base aufgefaßt wird, läßt sich der beschriebene in keiner Weise vergleichen.

Einigermaßen Ähnlichkeit in bezug auf sein Verhalten gegen Säuren und Basen besitzt aber ein im pflanzenphysiologischen Institut[11]) zu Breslau aus Kulturen des *Micrococcus pseudocyaneus*

gewonnener blaugrüner Farbstoff, welcher durch Säuren rot, durch Ammoniak grün gefärbt wird.

Ziemlich ähnlich scheint auch das Pigment eines *Bacillus polychromogenes* genannten Mikroben, von Chamot und Thiry[12]) beschrieben, zu sein. Sie äußern sich über dasselbe folgendermaßen:

»Die hellblauen, mit dem Pigment dieses Organismus erhaltenen Lösungen ergeben im Spektrum einen deutlichen Absorptionsstreifen, der in der Nähe der Linie *D* gelegen ist. Der Zusatz einer Säure vermehrt die Intensität der Absorption, welche sich gegen violett hin verschiebt, während der Zusatz eines fixen Alkalis ein fast vollständiges Verschwinden des in der Nähe von *D* gelegenen Absorptionsstreifens bewirkt und der Lösung eine grüne Farbe verleiht.«

Der von Voges[13]) beschriebene *Bacillus coeruleus* produziert einen blauen Farbstoff. Derselbe läßt sich durch Wasser und Alkohol extrahieren, löst sich aber nicht in Benzin, Terpentinöl, Äther und Chloroform. Durch Kochen wird seine Lösung in Wasser und Alkohol nicht verändert. Mit Ammoniak behandelt bleibt aber die Farbe erhalten, ebenso kommt es durch Versetzen mit Essigsäure nicht zu einem Farbenumschlag nach rot, sondern die blaue Farbe nimmt einen unansehnlichen grauen Farbenton an. Smith[14]) beschreibt ein *Bacterium coeruleum*, dessen blauer Farbstoff sich angeblich in den Zellen selbst befindet und weder in Wasser noch in Alkohol und verdünnten Säuren löslich ist.

Ein weiterer gleichfalls von Voges[15]) beschriebener Bazillus, *Bacillus indigoferus*, produziert einen indigoblauen Farbstoff, welcher durch Schwefelsäure unter brauner Färbung, durch Salpetersäure unter Gelbfärbung, durch Salzsäure unter geringem Abblassen des blauen Farbentones verändert wird.

Ward Marshall H.[16]) beschreibt einen violetten Farbstoff eines von ihm im Themsewasser gefundenen Bazillus. Derselbe ist nicht in den Zellen, sondern zwischen den Zellen im Bakterienschleim ausgeschieden. Er diffundiert nicht in die Nährsubstrate und färbt nur »etwas« die Kartoffelscheiben. Er ist in Wasser unlöslich, im Alkohol löslich. Natronlauge verwandelt den ursprünglichen Farbstoff in grün, Säuren stellen die ursprüngliche Farbe her. Essigsäure »bleicht« den Farbstoff, gelborange bis grünblaue Strahlen werden absorbiert.

Alle erwähnten Bakterienfarbstoffe unterscheiden sich, wie man aus diesen knappen Angaben ersehen kann, teils untereinander,

teils von dem beschriebenen, welchen ich wegen seiner eigentümlichen Farbenmischung von rot und violett *Erythrojanthin* nenne.

Diese Mischung von rot und violett tritt sowohl mit einem Übergang nach blau in dem Gelatine- wie rein im Agarnährboden und auf Milch, wie auch in der alkoholischen Lösung des in der Kartoffel ausgeschiedenen blauen Farbstoffes auf, indem sie im durchfallenden Lichte sehr schön diese Mischfarbe erkennen läßt.

Nach der Filtration einer gesättigten Lösung behält auch das hierzu verwendete Filterpapier, wie schließlich bemerkt sein soll, sehr lange diesen rotvioletten Farbenton.

Obwohl in vorliegender Arbeit die chemische Natur von *Erythrojanthin* noch in keiner Weise aufgeklärt wurde, so hat sie doch den Beweis erbracht, daß von einer Bakterienart auf ein und demselben Nährsubstrat mehrere chemisch verschiedenartige Farbstoffe produziert werden.

Literatur.

[1]) Zikes: »Zur Kenntnis der chemischen und biologischen Schwankungen im Gehalte der Brunnenwässer«, pag. 46—48 (X. Heft).

[2]) Sullivan M., Brown University: »Die Chemie der Bakterienpigmente«.

[3]) Inauguraldissertation Basel 1894.

[4]) Lehmann: »Bakteriologische Diagnostik«, 2. Aufl., pag. 55.

[5]) ibid., pag. 55.

[6]) »Zentralblatt für Bakteriologie«, I. Teil, VII, pag. 13.

[7]) »Zentralblatt für Bakteriologie«, II. Teil, I, pag. 586.

[8]) »Fortschr. Mediz.« 1889, pag 801.

[9]) Charrin·und Roger »Compt. rend. soc. biol.«, 1887, pag 596; Wasserzug: »Annal. Inst. past.« Tome II, pag. 581.

[10]) Gessard Compt. rend. 1890, pag. 418.

[11]) »Kryptogamenflora Schlesiens«, 1886, pag. 145.

[12]) »Compt. rend. du Congrès des sociétés savantes d. 1902«, pag. 297.

[13]) »Zentralblatt für Bakteriologie«, Bd. XIV, pag. 303.

[14]) Ref. »Zentralblatt für Bakteriologie«, Bd. III, 1888, pag. 401.

[15]) »Zentralblatt für Bakteriologie«, Bd. XIV, pag 307.

[16]) »Annals of Botany« 1898.

Über sprungweise Zunahme der Fertilität bei Bastarden

von

R. v. Wettstein (Wien).

Eingelangt am 8. Oktober 1907.

Seit mehr als zehn Jahren bin ich mit einer monographischen Bearbeitung der vielgestaltigen und in systematischer Hinsicht recht vernachlässigten Gattung *Sempervivum* beschäftigt. Mich bestimmte zu dieser Untersuchung dasselbe Programm, das mich bei früheren monographischen Arbeiten[1]) leitete, nämlich der Wunsch, durch detaillierte Studien über polymorphe Gattungen Material zur induktiven Beantwortung der Frage nach dem Vorgange der Artenbildung zu gewinnen. Speziell die Gattung *Sempervivum* erschien für Studien dieser Art sehr geeignet, da schon eine flüchtige Beschäftigung mit derselben zeigt, daß hier neben geographischer Gliederung (zum Beispiel bei dem Formenkreise des *S. montanum* oder bei dem des *S. tectorum* sens. lat.) und Mutation (zum Beispiel bei der Gruppe des *S. alpinum*) auch Bastardierung eine große Rolle spielt. Viel weniger die Schwierigkeiten, welche die Feststellung der einzelnen Sippen, ihrer Beziehungen zu einander und ihrer geographischen Verbreitung bereitet, haben den Abschluß meiner Untersuchungen verzögert, als vielmehr die Notwendigkeit, auf experimentellem Wege Aufschluß über das Wesen zahlreicher Formen zu erhalten.

Bei diesen experimentellen Untersuchungen hat sich schon eine Fülle interessanter Tatsachen ergeben; über eine derselben möchte ich hier in Kürze berichten.

Die Gattung *Sempervivum* ist — wie seit langem bekannt — ausgezeichnet durch die große Leichtigkeit der Entstehung von

[1]) »Monographie der Gattung *Euphrasia*«, Leipzig 1895. — »Die Arten der Gattung *Gentiana*, Sekt. *Endotricha*«. Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissensch., Wien 1896

Hybriden. Wenn irgendwo an einem natürlichen Standorte zwei Arten derselben Gattungssektion [1]) zusammentreffen, kann man mit ziemlicher Sicherheit auf die Auffindung hybrider Pflanzen rechnen; die Kollektionen der meisten Gärten stellen ein Gemisch der mannigfaltigsten Bastarde dar. Ich habe zur Sicherstellung der hybriden Natur vieler solcher Formen im Laufe der Zeit zahlreiche Bastarde durch künstliche Kreuzung erzielt und auch bei diesem Anlasse die Leichtigkeit der Bastardierung konstatieren können.

Das nicht selten massenhafte Vorkommen von Formen, welche nach ihrem morphologischen Baue auf hybride Herkunft schließen lassen, führt ebenso zur Vermutung, daß in dieser Gattung Hybride sexuell fortpflanzungsfähig sind [2]) und bei Ausbleiben von Spaltungen zum Ausgangspunkt neuer Typen werden können [3]), wie besonders die Existenz einiger Formen, welche bisher ganz allgemein als Arten angesehen wurden, die aber in morphologischer Hinsicht dem Kenner der Gattung den Eindruck von Hybriden hervorrufen.

Als ein Beispiel der letzteren Art möchte ich nur das vielgenannte, in neuerer Zeit durch die experimentell-morphologischen Studien Klebs' [4]) zu einem allgemeineren Interesse gelangte *S. Funckii* nennen und kurz besprechen.

Was als *S. Funckii* zu bezeichnen ist, das läßt sich — im Gegensatze zu den meisten anderen *Sempervivum*-Formen — leicht und sicher entscheiden. Die Pflanze wurde von Koch in der »Flora« (XV. Bd., pag. 1, 1832) gut beschrieben und abgebildet, und zwar auf Grund von Exemplaren, die ihm F. Braun schickte. Braunsche Originale finden sich heute noch in mehreren Herbarien (zum Beispiel im Herbarium des Wiener Hofmuseums, des Budapester Nationalmuseums, im Herbarium A. Schwarz in Nürnberg etc.). Danach kann es gar keinem Zweifel unterliegen, daß es sich um dieselbe Pflanze handelt, die unter dem Namen *S. Funckii* heute noch in vielen botanischen Gärten kultiviert wird. Morphologisch ist die Pflanze sehr merkwürdig und systematisch ein Rätsel; sie

[1]) Eine Ausnahme machen die Arten der Sektion *Jovisbarba*.

[2]) Allerdings kommt dabei auch die starke Fähigkeit der vegetativen Fortpflanzung durch sich loslösende Seitensprosse und sogar durch einzelne abgelöste Blätter in Betracht.

[3]) Vgl. auch meine Ausführungen in Ber. d. Deutsch. bot. Ges., XIII. Bd., pag. 190, 1900.

[4]) Klebs G.: »Über künstliche Metamorphosen«. Abh. d. Naturf.-Ges. zu Halle, XXV. Bd., 1906.

fügt sich keinem der Formenkreise der Gattung ein, sondern verbindet mehrere derselben, so den Formenkreis des *S. montanum* mit jenem des *S. arachnoideum* und dem des „*S. tectorum*“[1]).

Bei dem Versuche, die Pflanze in systematischer Hinsicht zu klären, fallen zunächst zwei weitere Tatsachen auf, nämlich die relativ große Sterilität und die zweifelhafte Herkunft.

Was die Fruchtbarkeit der Pflanze anbelangt, so ist dieselbe zweifellos herabgesetzt. Pflanzen des Wiener botanischen Gartens, die daselbst seit langer Zeit kultiviert werden, zeigen nach zahlreichen Einzelbeobachtungen in den Blüten 42—50% sterilen Pollen[2]), Pflanzen des Prager botanischen Gartens, die ich von 1894 bis 1898 alljährlich untersuchte, wiesen rund 50% sterilen Pollen auf; in den Blüten von Exemplaren, welche ich aus dem botanischen Garten in Karlsruhe erhielt, konnte ich 1907 46% sterilen Pollen, bei Pflanzen aus dem Petersburger botanischen Garten 62% sterilen Pollen nachweisen. Eine so weit gehende Herabsetzung der Fertilität des Pollens konnte ich bisher bei keiner Art der Gattung konstatieren. Auch die Samenbildung ist bei *S. Funckii* bei Bestäubung mit eigenem Pollen eine sehr geringe.

In bezug auf die Herkunft der Pflanze läßt sich in Kürze[3]) folgendes sagen: Koch erhielt die Pflanze von F. Braun in Bayreuth, der sie angeblich auf den Mallnitzer Tauern in Kärnten gesammelt hatte. Auch die schon erwähnten Braunschen Originalexemplare tragen zumeist die Fundortsangabe »Mallnitzer Tauern«. Sonst konnte ich bisher kein *S. Funckii* mit einer sicheren Standortsangabe finden, obwohl ich die *Semperviva* zahlreicher Herbarien studiert

[1]) Wenn ich die Formenkreise so bezeichne, so sollen damit keine systematischen Namen geschaffen sein; ich will die Formenkreise nur durch Anführung je einer recht bekannten Art kenntlich machen.

[2]) Ich bemerke, daß hier, wie bei allen im folgenden gemachten Angaben über die Fertilität des Pollens, die Werte in der Weise gewonnen wurden, daß je zehn Proben mikroskopisch untersucht wurden und das Mittel aus den Einzelzählungen gewonnen wurde. Bei *Semperrirum* sind die sterilen Pollenkörner an ihrer Schrumpfung und an dem rel. Mangel eines plasmatischen Inhaltes leicht zu erkennen. Ich habe mich bei Beginn meiner Untersuchungen im Jahre 1896 durch Versuche davon überzeugt, daß diese geschrumpften Pollenkörner wirklich steril sind.

Über die Methode der Bestimmung der Sterilität der Pollen bei Bastarden vgl. insbesondere Jenčić A. in Österr. bot. Zeitschr., L. Bd., 1900; Kupffer K. R.: »Kölreuters Methode der Artabgrenzung« in Acta horti Univ. imp. Jurjevensis, Tom. VI, No. 1, 1905.

[3]) Ausführliche Darlegungen behalte ich mir für meine Monographie vor.

habe. Sicher steht es, daß Apotheker Funck die Pflanze in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhundertes in seinem Garten in Gefrees im Fichtelgebirge kultivierte; woher er sie hatte, ist ungewiß, da Koch darüber nur mitteilte, daß sie aus Tirol und Kärnten stammte. Das Vorkommen des *S. Funckii* bei der Ruine Berneck im Fichtelgebirge kann sicher mit dem Funckschen Garten in dem nahen Gefrees in Beziehung gebracht werden; ursprünglich wild war dort die Pflanze gewiß nicht.

Die einzige bestimmte, mir bekannt gewordene Fundortsangabe für *S. Funckii* ist demnach die Braunsche[1]). Bei dem Versuche, die Pflanze aufzuklären, war mir begreiflicherweise nun darum zu tun, die näheren Umstände des Vorkommens kennen zu lernen. Ich entsendete daher zunächst 1897 den bekannten Pflanzensammler und Pflanzenkenner Th. Pichler in die Mallnitzer Tauern, der eifrigst nach der Pflanze suchte, sie aber nicht fand. Ebenso erging es 1899 dem Garteninspektor A. Wiemann. Ich selbst suchte 1900 nach der Pflanze, ohne sie zu finden; auch bei Jägern und Hirten, denen ich Rosetten vorzeigte, konnte ich keinen Anhaltspunkt über etwaiges Vorkommen erhalten. Schließlich konnte mir auch Dechant Pacher, der bekannte Florist und Bearbeiter der Kärntner Flora, der lange Zeit am Fuße der Mallnitzer Tauern in Ober-Villach lebte, keinerlei Auskünfte über ein sicheres Vorkommen der Pflanze geben.

Danach möchte ich das Vorkommen des *S. Funckii* in den Mallnitzer Tauern zum mindesten als höchst unsicher bezeichnen. Ich habe mir die Meinung bilden müssen, daß entweder — da ich doch die Angaben Brauns nicht ohne weiteres als irrtümlich bezeichnen kann — das Vorkommen der Pflanze in den Mallnitzer Tauern ein ganz lokales oder vorübergehendes war oder daß die Pflanze in einem Garten (die der Beschreibung Kochs zugrunde liegenden Exemplare stammten aus einem Garten!) entstanden ist, wobei es ganz gut denkbar erscheint, daß an der betreffenden Gartenstelle ursprünglich ein *Sempervivum* aus den Mallnitzer Tauern stand, so daß Braun seine dann irrtümliche Angabe ganz bona fide machte.

In beiden Fällen würde die Herkunft der Pflanze

[1]) Für *S. Funckii* finden sich in den verschiedensten die europäischen Alpen betreffenden Florenwerken zahlreiche Standortsangaben. Sie alle beziehen sich — soweit ich sie kontrollieren konnte — auf Pflanzen, die irrtümlich als *S. Funckii* bezeichnet wurden.

in Verbindung mit ihrer morphologischen Zwischenstellung und der relativen Herabsetzung ihrer Fertilität für eine hybride Abstammung[1]) derselben sprechen, wenn sie auch heute dem Fernstehenden ganz den Eindruck einer wohlausgeprägten Art machen muß.

Wir finden also in der Gattung *Sempervivum* Erscheinungen, welche dafür sprechen, daß hier — neben anderen Faktoren — auch Bastardierung bei der Formneubildung eventuell eine Rolle spielt.

Damit scheint nun die Tatsache im Widerspruche zu stehen, daß zweifellose Hybriden in hohem Grade steril sind[2]).

Ein paar Beispiele mögen dies beweisen. Ich beschränke mich auf Angaben über die Beschaffenheit des Pollens, da die Erzielung halbwegs ähnlich sicherer Angaben für die Samenanlagen methodisch unmöglich ist[3]).

a) *Sempervivum arachnoideum* × *montanum*.

Im Jahre 1896 bestäubte ich *S. montanum* (Fundort: Simminggletscher im Gschnitztale, Tirol) mit dem Pollen von *S. arachnoideum* (Fundort: Laponesalpe im Gschnitztale, Tirol). 1897 erzielte ich 24 Exemplare des Bastardes. Von diesen kamen in den Jahren 1899

[1]) Über die ihr zugrunde liegende Kombination möchte ich mich derzeit — solange meine diesbezüglichen Versuche nicht abgeschlossen sind — noch zurückhaltend äußern. Ich möchte nur bemerken, daß mir einmal eine Pflanze unterkam, die Herr L. Keller bei Mauterndorf in Salzburg in Gesellschaft von *S. arachnoideum*, *montanum* und *Wulfenii* sammelte und welche dem *S. Funckii* sehr ähnlich sah. Diese Pflanze, welche ich heute noch lebend in Kultur habe, vereinigte die Merkmale der drei genannten Arten und erwies sich als zweifellose Hybride. Ich nahm zunächst Abstand, sie als Trippelbastard zu erklären, da mir die Existenz solcher überhaupt als nicht genügend bewiesen erschien. Ich nahm deshalb 1898 eine Kreuzung zwischen *S. montanum*, *S. Wulfenii* ♀ (Fundort: Navistal in Tirol, leg. Stolz) und *S. arachnoideum* ♂ (Fundort: Samaden im Engadin, leg. Candrian) vor und erzog aus den Samen 1899 vier Pflanzen, welche vollkommen mit der bei Mauterndorf gesammelten übereinstimmten. Da demnach die Existenz von Trippelbastarden in der Gattung *Sempervivum* erwiesen ist, erscheint es mir nicht ausgeschlossen, daß *S. Funckii* einen solchen der genannten oder einer ähnlichen Kombination darstellt, um so mehr, als alle drei dabei in Betracht kommenden Artengruppen auf den Mallnitzer Tauern vertreten sind.

[2]) Daß selbst dann, wenn die Hybriden ganz steril sind oder bei Vermehrung derselben eine Aufspaltung der Charaktere eintritt, in Anbetracht der starken vegetativen Fortpflanzung der *Sempervivum* hybride Formen sich stark verbreiten und leicht lange erhalten können, mag hier nur nebenbei erwähnt werden.

[3]) Vgl. Tischler in Beih. z. Bot. Zentralbl. 1903, pag. 408.

und 1900 mehrere zur Blüte und zeigten vollständig sterilen[1]) Pollen. Die Resultate der Untersuchung mehrerer anderer Pflanzen derselben Kombination aus meinen Kulturen zeigt folgende Tabelle:

Herkunft der Pflanze	Jahr der Untersuchung	Sterilität des Pollens, ausgedrückt durch die Zahl steriler Pollenkörner vom Hundert
Kals, Tirol; leg. Huter	1897	98 %
Platzerberg, Tirol; leg. Huter . .	1897	99 %
Lappach, Tirol; leg. Treffer . .	1897	100 %
Habicht, Tirol; leg. Wettstein .	1897	99 %
Ötztal, Tirol; leg. Wettstein . .	1897	100 %
Mortaratsch, Engadin; leg. Wettstein	1900	98 %
Original des *S. barbulatum* Schott ex hort. Belved.	1897	100 %
Als „*S. fimbriatum*“ aus Erfurt bezogen	1895	94 %
Silser Alpe, Engadin; leg. Nickerl[2])	1897	98 %
Als „*S. Delusori*“ von Erfurt bezogen[2])	1897	90 %
Unter dem Namen „*S. longobardum*“ kultiv. im alten Prager bot. Garten[2])	1897	97 %
Unter dem Namen „*S. helveticum*“ kultiv. im alten Prager bot. Garten[2])	1897	97 %

b) Sempervivum Wulfenii × arachnoideum.

1897 bestäubte ich *S. arachnoideum* (Fundort: Samaden, Schweiz; leg. Candrian) mit Pollen von *S. Wulfenii* (Herkunft unbestimmt, Pflanze der Kulturen des Prager botanischen Gartens). 1898 erzog ich aus den Samen 26 Exemplare des Bastardes. 1900 kamen 12 Exemplare davon zur Blüte und zeigten 99—100 % sterilen Pollen.

[1]) In methodischer Hinsicht möchte ich bemerken, daß es nötig ist, den Inhalt eben sich öffnender Antheren zu untersuchen, wenn man verläßliche Resultate erzielen will. Nach dem Öffnen der Antheren fallen die normalen fertilen Pollenkörner, besonders wenn Insektenbesuch stattfindet, leicht heraus und es bleiben insbesondere die kleinen sterilen Körner zurück, so daß die Sterilität leicht überschätzt wird, wenn der Inhalt halb entleerter Antheren zur Untersuchung verwendet wird.

[2]) Aus der Sammlung des Herrn Dr. O. Nickerl (Prag) stammend.

Außerdem untersuchte ich folgende Pflanzen, die ich in Kultur hatte:

Herkunft der Pflanze	Jahr der Untersuchung	Sterilität des Pollens
Stilfserjoch, Tirol; leg. Wettstein	1897	100%
Lappach, Tirol; leg. Treffer . .	1897	99%
Als „*S. eximium*“ aus der Sammlung Dr. O. Nickerl (Prag) stammend	1897	98%

c) Sempervivum montanum × Wulfenii.

Herkunft der Pflanze	Jahr der Untersuchung	Sterilität des Pollens
Luttach, Tirol; leg. Treffer . . .	1897	92 %
	1900	96 %
Kals, Lesacherwiesen; leg. Huter .	1897	90 %
Kals, Tauschnitz; leg. Huter . .	1897	97 %

d) Sempervivum Gaudini × arachnoideum.

1897 bestäubte ich *S. Gaudini* (Fundort: Chavanix, Wallis; leg. Wolf) mit Pollen von *S. arachnoideum* (Fundort: Gschnitztal, Tirol; leg. Wettstein). Von den im Jahre 1898 aus den Samen erzogenen 21 Exemplaren des Bastardes blühten 1900 sieben Exemplare, welche 98% sterilen Pollen zeigten.

Überdies untersuchte ich folgende Exemplare meiner Kulturen:

Herkunft der Pflanze	Jahr der Untersuchung	Sterilität des Pollens
Chavanix im Cognetal; leg. Prof. Wilczek	1898	98%
Als „*S. Blasii*“ aus dem Berliner bot. Garten bezogen[1])	1897	98%
Als „*S. Delusori*“ aus dem Berliner bot. Garten bezogen[1])	1897	96%

[1]) Aus der Sammlung des Herrn Dr. O. Nickerl (Prag) stammend.

Die angegebenen Beispiele dürften genügen, um meine Behauptung betreffend die Sterilität der meisten *Sempervivum*-Bastarde zu beweisen[1]).

Der Widerspruch zwischen dieser Tatsache und der aus dem Studium der Morphologie sich aufdrängenden Überzeugung, daß in der Gattung Bastardierung bei der Artbildung mit eine Rolle spielt, wird teilweise nun durch die von mir sichergestellte, auch abgesehen von diesem Spezialfalle ganz interessante Tatsache behoben, daß bei Hybriden der Gattung *Sempervivum* sich mitunter ganz plötzlich die Fertilität bedeutend hebt.

Die Fälle, in denen ich dies zweifellos feststellen konnte, sollen etwas ausführlicher besprochen werden.

Im Jahre 1897 gelangte in den Kulturen des Prager botanischen Gartens ein *Sempervivum* zur Blüte, welches derselbe von Herrn Dr. O. Nickerl erhalten hatte, der es wieder seinerzeit aus Paris bezogen hatte. Die Pflanze gehörte zweifellos dem Formenkreise des wohlbekannten *S. Pittonii* an, unterschied sich aber von diesem u. a. durch rosenrote Blüten[2]) und Büschel krauser langer Haare an den Blattspitzen. Schon 1870 hatten die Pflanzen nach freundlicher Mitteilung des Herrn Dr. Nickerl in seinen Kulturen in Wysočan bei Prag und 1871 im Prager botanischen Garten rosenrot geblüht, weshalb sie Herr Dr. Nickerl als *S. Pittonii roseum* bezeichnete. Die morphologische Betrachtung brachte mich zur Anschauung, daß ein Bastard zwischen *S. Pittonii* und *S. arachnoideum* vorlag, der sich in einem Garten[3]) (vermutlich in Paris) gebildet hatte. Die Vermutung wurde später bestätigt, als es mir gelang, im Jahre 1898 durch künstliche Bestäubung des *S. Pittonii* mit *S. arachnoideum* drei Exemplare des Bastardes zu

---

[1]) Ab und zu finden sich allerdings auch Exemplare mit größerer Fertilität; es ist in der Regel nicht zu entscheiden, ob dieselben von allem Anfang eine so hohe Fertilität besaßen oder ob diese erst im Laufe der Zeit erworben wurde; im letzteren Falle schließen sich diese Vorkommnisse dann an jene an, die in dieser Abhandlung ausführlicher besprochen werden. Es gibt auch einige *Sempervivum*-Hybriden, die — soweit ich dies verfolgen konnte — konstant ziemlich fertil sind; dazu gehört zum Beispiel *S. montanum* × *alpinum*, dessen Pollen durchschnittlich nur 20—50% sterile Körner enthält. Es erscheint mir dies um so bemerkenswerter, als die beiden Arten durchaus nicht nahe verwandt sind.

[2]) *S. Pittonii* besitzt konstant gelbe Blüten.

[3]) Meines Wissens gibt es keinen spontanen Standort, an dem *S. Pittonii* mit *S. arachnoideum* zusammentrifft.

erzielen, von denen eines 1900 zur Blüte gelangte. Ich benannte diese bis dahin unbekannte Hybride zur Ermöglichung einer kurzen Bezeichnungsweise als *S. Tempskyi*.

Die Blüten dieses *S. Tempskyi* waren im Jahre 1897 vollkommen pollensteril, was ja mit der Deutung der Pflanze als Bastard gut im Einklange stand. Die Pflanze wurde vegetativ aus den Rosetten der Seitensprosse vermehrt, so daß im Jahre 1898 8 Pflanzen zur Verfügung standen. Im Jahre 1900 gelangten 3 davon zur Blüte, die ich abermals in bezug auf den Pollen untersuchte, den ich nunmehr zu meiner Überraschung nur zu 56—60% steril fand, da 40—44% der Pollenkörner sich als vollkommen normal ausgebildet erwiesen.

Eine ganz ähnliche Fertilität (45%) zeigte ein Exemplar derselben Herkunft, das 1903 zur Blüte kam. Seither habe ich die Pflanze in meinen Kulturen leider verloren.

Ein ganz analoges Verhalten zeigte ein Exemplar des Bastardes *S. arachnoideum* × *montanum*, dessen normale Pollensterilität aus den früher mitgeteilten Beobachtungen hervorgeht. Ich kultivierte im Prager botanischen Garten eine Pflanze, welche aus der Sammlung des Dr. O. Nickerl stammte und die dieser 1869 aus dem Berliner botanischen Garten unter dem Namen »*S. trichophorum*« erhalten hatte. Im Jahre 1897 untersuchte ich die Blüten der Pflanze und fand den Pollen fast ganz steril. Nur ab und zu fand sich in den zahlreichen untersuchten Pollenproben ein normales Pollenkorn. Ziffermäßig ließe sich die Sterilität etwa mit 98% ausdrücken. Da ich damals darauf ausging, für meine weiteren Untersuchungen reine Kultursätze zu erhalten, wurden die Seitenrosetten der Pflanze, deren Blüten untersucht worden waren, zur Weiterkultur verwendet, wodurch ich 1898 4 Pflanzen erhielt. Dieselben lieferten auf vegetativem Wege in den folgenden zwei Jahren eine ansehnliche Rosettengruppe. 1900 kamen zwei Infloreszenzen zur Entwicklung, deren Blüten untersucht wurden und nur 48%, respektive 54% sterilen Pollen zeigten. 1903 zeigte eine Infloreszenz desselben Satzes 58% sterilen Pollen; seither hat der Satz nicht mehr geblüht.

In beiden Fällen war zweifellos eine bedeutende Hebung der Fertilität des Pollens in kurzer Zeit, also sozusagen sprungweise eingetreten.

Es ist Sache der Auffassung, ob man hierbei annimmt, es sei die Änderung bei demselben Individuum oder in der folgenden

Generation eingetreten, da die letztere auf vegetativem Wege durch Loslösung der Nebenrosetten gewonnen wurde.

Damit erscheint die Möglichkeit erwiesen, daß Hybride der Gattung *Sempervivum*, die zumeist steril oder nahezu steril sind, gelegentlich auch zur sexuellen Fortpflanzung gelangen. Wie sich die auf diesem Wege entstehenden Abkömmlinge morphologisch verhalten, ob in ihnen der morphologische Bastardcharakter erhalten bleibt, darüber kann ich noch keine Auskunft geben, da meine diesbezüglichen Versuche noch kein unzweideutiges Resultat ergeben haben [1]).

Nicht ohne Interesse ist es, die Frage aufzuwerfen, ob sich nicht in den besprochenen Fällen für die plötzliche Änderung in der Fertilität eine Ursache ausfindig machen läßt. Da erscheint es mir wichtig, hervorzuheben, daß in den beiden besprochenen Fällen die Steigerung der Fertilität nach einer sehr bedeutenden Änderung der Lebensbedingungen der Pflanzen eintrat. Im Jahre 1899 und 1900 erfolgte bei beiden Pflanzen eine zweimalige Übersiedlung. 1898 wurden meine *Sempervivum*-Kulturen aus dem feucht gelegenen alten Prager botanischen Garten in den wesentlich trockeneren und der Besonnung weitaus mehr ausgesetzten neuen botanischen Garten der Prager deutschen Universität übertragen; 1899 erfolgte die Überführung der Pflanzen aus Prag nach Wien. Es läßt sich natürlich nicht beweisen, daß diese Änderung der Lebensbedingungen die Änderung der Fertilität bedingte, immerhin würde aber diese Annahme im Einklange stehen mit der Tatsache, daß Änderung der Lebensbedingungen die Fähigkeit sprungweiser Abänderungen überhaupt erhöht oder wenigstens in erhöhtem Maße zur Geltung bringt und mit der bekannten Erscheinung, daß Änderung der Lebensbedingungen speziell auf die Ausbildung und Funktion der Sexualorgane eine Einwirkung, wenn auch in den bisher bekannt gewordenen Fällen im ungünstigen Sinne ausübt [2]).

Die gelegentliche Steigerung der Fertilität bei Bastarden, welche in den im vorstehenden beschriebenen Fällen zweifellos nachge-

[1]) Diese Einschränkung bezieht sich in erster Linie auf die beiden hier ausführlicher besprochenen Bastarde. Bei dem Bastarde *S. alpinum* × *arachnoideum* konnte ich 1898 und 1899 feststellen, daß er bei Selbstbestäubung allerdings sehr wenig Samen liefert, die aber wieder die morphologisch gleiche Form liefern. Es fand keine Aufspaltung der Elterncharaktere statt. Vgl. auch Wettstein, Ref. in Ber. d. Deutsch. bot. Ges., XVIII. Bd., pag. 190, 1900.

[2]) Vgl. Darwin Ch.: »Die Wirkungen der Kreuz- und Selbstbefr. im Pflanzenreich«. Ges. Werke, deutsch v. Carus, 2. Aufl., X. Bd., pag. 428.

wiesen erscheint, wurde schon wiederholt indirekt erschlossen und angenommen. Focke bezeichnete es schon 1881 [1]) als »wahrscheinlich, daß unter den Hybriden manchmal einzelne fruchtbare Individuen entstehen, welche sich bei Vererbung dieser Eigentümlichkeit unter günstigen äußeren Verhältnissen leicht vermehren können« und H. de Vries [2]) schreibt an einer Stelle seiner Mutationstheorie: »Die Frage, ob es Bastardverbindungen gibt, welche absolut steril sind, dürfte — — — schwierig, wenn jemals zu beantworten sein. Die Möglichkeit, daß dieselbe Verbindung sich später unter anderen Umständen auch einmal fruchtbar zeigen wird, dürfte kaum auszuschließen sein.« Die in Gärtnerkreisen vielfach verbreitete Meinung, daß die Fruchtbarkeit der Bastarde in späteren Generationen zunehme [3]), welche durch meine Beobachtung eine Bestätigung erfahren würde, beruht ebensowenig auf genauen Untersuchungen wie die ältere Behauptung C. F. Gärtners, daß die Fertilität der Hybriden von Generation zu Generation geringer werde. Wechselndes Verhalten in bezug auf Fertilität bei Hybriden derselben Kombination wurde schon wiederholt beobachtet [4]).

Fasse ich die Ergebnisse der vorstehenden Ausführungen kurz zusammen, so ergibt sich folgendes:

Für zwei unzweifelhafte Bastarde der Gattung *Sempervivum* wurde nachgewiesen, daß sprungweise Hebung der anfangs außerordentlich geringen oder ganz fehlenden Fertilität des Pollens vorkommt. Es ist möglich, daß in beiden Fällen diese Änderung mit einer wesentlichen Änderung der Lebensbedingungen der Pflanzen in einem Zusammenhange steht. Durch die festgestellte Tatsache wird die Möglichkeit der durch den morphologischen Befund nahe gelegten Annahme erhöht, daß in der genannten Gattung — neben anderen Faktoren von größerer Bedeutung — auch Bastardierung bei der Neubildung von Formen eine Rolle spielt.

[1]) »Die Pflanzenmischlinge«, pag. 483.

[2]) »Die Mutationslehre«, II. Bd. »Die Bastardierung«, pag. 59, 1902.

[3]) Vgl. Focke a. a. O., pag. 483.

[4]) Vgl. beispielsweise die Angaben E. Tschermaks in »Über die gesetzmäßige Gestaltungsweise der Mischlinge«, Zeitschr. f. d. landw. Versuchswesen in Österr., 1902, pag. 68 ff., und in »Weitere Kreuzungsstudien an Erbsen usw.«, a. a. O., 1904, pag. 83 ff., betreffend *Phaseolus vulgaris* und *multiflorus*. — Vgl. ferner Fruwirth C.: »Allgem. Züchtungslehre«, 2. Aufl., pag. 116, 1905.

Zur Mechanik der Embryoentfaltung bei den Gramineen

(ein Beitrag zur Mechanik und Biologie der Keimung)

von

Th. v. Weinzierl (Wien).

Mit Tafel XIII—XVII und 2 Textfiguren.

Eingelangt am 9. Oktober 1907.

I. Einleitung.

Schon seit vielen Jahren verfolge ich die mechanischen Prozesse bei der Keimung, insbesondere während der Embryoentfaltung, speziell bei den Gramineen, sowie diejenigen Vorgänge bei der weiteren Entwicklung der Keimpflanzen im Boden, welche sich zum Teil schon a priori als mechanische Prozesse darstellen, zum Teil jedoch erst durch folgende Versuche als solche erwiesen worden sind.

Die zahlreichen in dieser Richtung gemachten Beobachtungen, wozu auch die alljährlich nach Tausenden zählenden Keimversuche in der Samenkontrollstation mannigfache Gelegenheit darboten, sowie die ausgeführten Experimentaluntersuchungen über diese Fragen, welche nicht nur ein wissenschaftliches Interesse besitzen, da dieselben gewisse mechanische Prozesse bei der Keimung und deren biologische Bedeutung betreffen, sondern auch mit Rücksicht auf die Wertbestimmung des Saatgutes und dessen Unterbringung auf dem Felde, also in praktischer Hinsicht ein besonderes Interesse in Anspruch nehmen, sollen nunmehr in einigen besonderen Abhandlungen veröffentlicht werden.

Die Vorgänge, auf welche sich meine Beobachtungen und Versuche erstrecken, betreffen hauptsächlich die folgenden vier Fragen, und zwar: die mechanische Funktion der Keimblatt-

scheide bei den Getreidearten (Durchwachsungsversuche), die Mechanik der Radikulaentfaltung bei den Gramineen und Papilionaceen, ferner die abnormale Keimung bei den bespelzten Grasfrüchten und deren mechanische Ursachen, schließlich die mechanische Funktion der Trichome beim Austreten der Coleorhiza.

Von diesen soll nun in der vorliegenden Festschrift die erste dieser Arbeiten publiziert werden.

Es ist eine altbekannte Erfahrung der landwirtschaftlichen Praxis, daß die Raschheit und Gleichmäßigkeit, mit welcher die Keimpflanze, zum Beispiel des Getreides über die Bodenoberfläche hervorbricht, respektive die Sicherheit des sogenannten »Auflaufens« der Saat in unmittelbarem Zusammenhange steht mit der physikalischen Beschaffenheit des Bodens, daß zum Beispiel die bindigen Bodenarten, insbesondere bei mangelhafter Feuchtigkeit den austretenden Keimpflanzen ein großes Hindernis entgegensetzen, insbesondere wenn Verkrustung der Bodenoberfläche eintritt.

Daß diese Erscheinung mit der Saattiefe zusammenhängt, ist wohl einleuchtend und äußert sich hierüber E. Wollny[1]) in seinem Handbuche hauptsächlich dahin, daß, je oberflächlicher der Same mit Erde bedeckt ist, desto schneller der Keim zum Vorschein kommen kann und desto stärker in der Folge der Stamm wird.

Aus seinen Untersuchungen und Angaben geht auch hervor, daß für die Getreidesorten eine Saattiefe von 2·5 *cm* am vorteilhaftesten ist, für Weizen speziell eine solche von 4 bis 5 *cm*. Beeinflussend wirkt natürlich hierbei immer wieder die Qualität des Bodens, ob derselbe ein lockerer oder schwerer Boden ist.

Daß die Keimpflanzen eine ihrer biologischen Aufgabe entsprechende spezifische Ausrüstung besitzen müssen, um sich den Weg von der Unterbringungsstelle des Samenkornes bis zur Bodenoberfläche zu bahnen, ist bei der Anpassungsfähigkeit der Pflanzenorgane an ihre Funktionen wohl von vornherein anzunehmen.

Was die Gräser betrifft, so hat zuerst Gottlieb Haberlandt[2]) auf die mechanische Funktion des Keimlingssprosses, respektive der Kotyledonarscheide bei der Keimung der Gräser im Boden auf-

[1]) E. Wollny: »Saat und Pflege der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen«, pag. 515, 517–520.

[2]) Haberlandt G.: »Die Schutzeinrichtungen in der Entwicklung der Keimpflanze«. Wien, C. Gerolds Sohn, 1877.

merksam gemacht und dieses Organ als ein Schutzmittel der Keimpflanzen bezeichnet, welchem als erste Aufgabe das Durchbrechen des Bodens zufällt, wobei ihm auch die keil- oder spatelförmige Gestalt nicht wenig zugute kommt.

Aus diesen von Haberlandt ausgeführten Untersuchungen scheint also hervorzugehen, daß dieser Forscher den Vorgang des Durchbrechens des Erdreiches durch die Keimpflanzen als einen mechanischen Prozeß auffaßt.

Nach Klebs[1]), der die Keimungsbiologie eingehend studiert hat, entspricht das Hervortreten der beiden Kotyledonen in Form eines Keiles der bei den Monocotylen sehr häufigen Erscheinung, daß die Kotyledonarscheide keilförmig die Erde durchbricht, wie bei den Gramineen und Cyperaceen.

Die Frage des Durchbrechens des ersten Laubblattes bei den Liliaceen, Palmen und Aroideen etc. hat in letzterer Zeit Gentner[2]) genau untersucht und ist zu dem Ergebnisse gelangt, daß diese sogenannten Bohr- oder Vorläuferspitzen nur ein mechanisch wirksames Organ zum Durchbrechen des Bodens sind, in zweiter Linie aber auch als Knospenschutz dienen.

Wenn also auch aus den derzeit vorliegenden Beobachtungen und Anschauungen über das Hervorbrechen der Keimpflanzen über den Boden wohl kein Zweifel darüber bestehen konnte, daß es sich in allen diesen Fällen um ausgesprochen mechanische Vorgänge handelt, so waren doch bisher die Ansichten nicht vollkommen übereinstimmend, da der eventuelle Einwand, daß bei diesen Vorgängen, wie zum Beispiel bei der Perforation von Waldlaub, verschiedener Rhizome oder Zwiebel etc. doch auch chemische Prozesse wirksam sind, bisher nicht direkt widerlegt worden ist, sondern, wie schon aus der vorhin zitierten Arbeit hervorgeht, nur nach den spezifisch mechanischen Einrichtungen der betreffenden Pflanzenorgane auf den Vorgang als mechanischen Prozeß geschlossen wurde.

Meine im folgenden darzulegenden Durchwachsungsversuche zeigen jedoch ganz evident, daß diese in Rede stehenden Vorgänge ausschließlich mechanischer Natur sind, da auf eine andere Art die Durchwachsung von Stanniolblättchen, welche bei diesen Versuchen durchweg verwendet worden sind, nicht erklärlich ist.

[1]) Klebs G.: »Beiträge zur Morphologie und Biologie der Keimung«. Unters. a. d. bot. Inst. z. Tübingen, 1. Bd., 1881—1895. pag. 536.

[2]) Gentner Georg, »Über die Vorläuferspitzen der Monocotylen«, Flora, Bd. XCV. (Erg.-Bd. zu 1905), pag. 327—383

II. Durchwachsungsversuche.

Das Stanniolpapier, welches für diese Versuche in Verwendung kam, bestand aus zwei im Handel erhältlichen Sorten, einem dünneren und einem etwas dickeren. Die Dicke wurde aus dem Gewichte eines Quadratdezimeters berechnet und betrug bei dem ersteren 0·01054 *mm*, bei dem letzteren 0·01367 *mm*.

Die Versuche wurden zunächst mit den vier Hauptgetreidearten, nämlich Weizen, Roggen, Gerste und Hafer ausgeführt und kam von jeder dieser Spezies für die ganze Versuchsreihe immer nur auch die gleiche Sorte in Verwendung. Die Getreidekörner wurden vorerst 24 Stunden im Wasser von Zimmertemperatur vorgequellt und je 50 möglichst gleich große und gleich schwere Körner in die entsprechend vorbereiteten Glasgefäße ausgelegt. Die Gläser, welche hierzu benützt wurden, waren kleine Bechergläser von der Form, wie sie aus den Abbildungen auf Tafel XIII, XIV und XV ersichtlich sind. Als Substrat für die Keimung wurde einerseits das an der Samenkontrollstation bei den Keimversuchen verwendete extrastarke Filtrierpapier von Schleichler und Schüll benützt und in die Bechergläser eingefüllt, so daß dann der Abstand der keimenden Samen von der Stanniolfläche verschieden eingerichtet werden konnte und betrug derselbe 15, beziehungsweise 20, 25, 30, 40, 50 und 60 *mm*; anderseits wurde zum Vergleiche gesiebte Gartenerde als Unterlage verwendet.

Sobald die Samen soweit ausgekeimt waren, daß bei sämtlichen Körnern bereits die Plumula und Radicula die Testa gesprengt hatten und deutlich sichtbar waren, was gewöhnlich schon einen Tag nach dem Auslegen eintrat, wurden die Gläser mit Stanniol überspannt.

Um verschiedene Widerstände zu schaffen und auch den Einfluß des Lichtes auf die Durchwachsungsenergie kennen zu lernen, wurden einerseits mit den beiden Stanniolsorten durch einfache, doppelte oder dreifache Lage derselben wieder sechs verschiedene Sorten des Stanniols geschaffen, so daß die Widerstände, welche die Stanniolflächen dem durchwachsenden Keimlinge entgegensetzten, verschieden groß waren, und zwar in der Reihenfolge, daß der Überzug von einer einfachen Lage des dünnen Stanniols den geringsten Widerstand entgegensetzte, dann folgten die Gläser mit einfacher Lage des dicken Stanniols, hierauf dünnes Stanniol in doppelter Lage und doppelt gelegtes dickes Stanniol, schließlich

dreifach gelegtes dünnes und dreifach gelegtes dickes Stanniol, welch letzteres als Grenze anzusehen ist, da bereits, wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist, ein Durchwachsen in diesem Falle nicht mehr eingetreten ist.

Um den Einfluß des Lichtes auf die Durchwachsungsenergie kennen zu lernen, wurde die eine Hälfte der Versuche in der vorhin geschilderten Adjustierung bei Tageslicht, die andere hingegen im Dunkeln gehalten.

Diejenigen Versuche, bei welchen es vorkam, daß aus der von einem Keimling geschaffenen Durchbruchsstelle später noch andere Keimlinge herauswuchsen, was meistens nur im Lichte eintrat, wurden stets ausgeschaltet und wiederholt, oder es wurde eine Korrektion in der Weise vorgenommen, daß nur die Zahl der Durchbruchsstellen und nicht die Anzahl der Keimlinge berücksichtigt wurden.

Aus einigen orientierenden Versuchen, bei welchen die Samen ganz in Erde eingebettet waren, also auch der Zwischenraum zwischen den Samen und dem Stanniolüberzug mit Erde ausgefüllt war, hat sich gezeigt, daß die Keimlinge, wie auch vorauszusehen war, in noch größerem Abstande vom Stanniol, zum Beispiel bis **70** *mm* bei einfacher Stanniollage durch dasselbe hindurchwuchsen, da eben zur mechanischen Ausrüstung des Sprosses die denselben umgebende Erde insofern mitgewirkt hat, als ein Ausweichen oder Abbiegen desselben hierdurch verhindert wurde.

Da es sich in der vorliegenden Abhandlung bei den hier mitgeteilten Versuchen nur darum gehandelt hat, in erster Linie den Vorgang des Durchbrechens der Keimlinge als einen mechanischen Prozeß experimentell zu erweisen, anderseits die von der Keimpflanze selbst ausgeübte Perforationsenergie zu ermitteln, wurden vorläufig die Erdversuche, bei welchen eben die mechanische Funktion durch die umgebende Erde alteriert wurde, nicht in Betracht gezogen und die Veröffentlichung dieser Versuche für einen späteren Zeitpunkt vorbehalten.

Mit Rücksicht auf den Raummangel in dieser Festschrift mußte von der Mitteilung der einzelnen Versuchsreihen, welche das Beweismaterial darstellen, Abstand genommen werden.

Zum Zwecke einer leichteren Übersicht jedoch möchte ich hier eine tabellarische Zusammenstellung (Tabelle 1) der Hauptresultate der ausgeführten Durchwachsungsversuche geben und daran eine kurze Besprechung der Resultate anschließen.

Durchwachsungsenergie

Tabelle 1.

ausgedrückt in Zählprozenten der durchgewachsenen Keimlinge bei verschiedenen Stanniollagen und verschiedenen Entfernungen von der Stanniolfläche.

		Weizen														Roggen												
		licht							dunkel							licht							dunkel						
	Abstand von der Stanniolfläche in mm	15	20	25	30	40	50	60	15	20	25	30	40	50	60	15	20	25	30	40	50	60	15	20	25	30	40	50	60
Filtrierpapier als Keimsubstrat	dünnes Stanniol *) einfach	64	74	64	52	12	4	2	72	60	56	56	32	18	10	54	26	16	14	4	2	—	50	36	22	12	6	2	—
	dickes Stanniol **) einfach	60	58	56	22	—	—	—	68	62	52	34	—	—	—	38	20	4	—	—	—	—	44	20	10	2	—	—	—
	dünnes Stanniol doppelt	28	18	2	—	—	—	—	44	30	26	4	—	—	—	18	8	—	2	—	—	—	22	12	4	2	—	—	—
	dickes Stanniol doppelt	—	—	—	—	—	—	—	4	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—
	dünnes Stanniol dreifach	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—
	dickes Stanniol dreifach	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Erde als Keimsubstrat	dünnes Stanniol einfach	40	32	26	30	—	—	—	50	46	36	34	—	—	—	38	26	14	—	—	—	—	54	38	24	16	—	—	—
	dickes Stanniol einfach	34	20	18	2	—	—	—	36	22	18	4	—	—	—	30	18	6	4	—	—	—	36	22	10	12	—	—	—
	dünnes Stanniol doppelt	8	4	4	2	—	—	—	12	10	6	4	—	—	—	14	6	—	—	—	—	—	18	14	2	2	—	—	—
	dickes Stanniol doppelt	—	—	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	—	—
	dünnes Stanniol dreifach	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	dickes Stanniol dreifach	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

		Gerste														Hafer													
		licht							dunkel							licht							dunkel						
	Abstand von der Stanniolfläche in *mm*	15	20	25	30	40	50	60	15	20	25	30	40	50	60	15	20	25	30	40	50	60	15	20	25	30	40	50	60
Filtrierpapier als Keimsubstrat	dünnes Stanniol*) einfach	28	12	8	2	—	—	—	62	54	32	18	14	8	2	32	18	8	4	6	4	—	34	20	16	8	14	14	2
	dickes Stanniol**) einfach	14	6	6	—	—	—	—	32	28	14	12	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	16	10	12	—	—	—	—
	dünnes Stanniol doppelt	8	6	—	2	—	—	—	26	18	10	4	—	—	—	4	2	—	2	—	—	—	8	4	—	—	—	—	—
	dickes Stanniol doppelt	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—
	dünnes Stanniol dreifach	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	dickes Stanniol dreifach	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Erde als Keimsubstrat	dünnes Stanniol einfach	28	16	6	—	—	—	—	64	48	28	24	—	—	—	26	18	2	2	—	—	—	28	16	4	6	—	—	—
	dickes Stanniol einfach	18	14	12	2	—	—	—	42	36	12	4	—	—	—	8	2	12	—	—	—	—	18	8	—	—	—	—	—
	dünnes Stanniol doppelt	8	4	2	2	—	—	—	22	14	8	2	—	—	—	14	4	2	—	—	—	—	8	4	6	2	—	—	—
	dickes Stanniol doppelt	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	6	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	dünnes Stanniol dreifach	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	dickes Stanniol dreifach	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

*) Von 0·01054 *mm* Dicke.
**) Von 0·01367 *mm* Dicke.

Bemerkungen zur Tabelle 1.

Als Maß der Durchwachsungsenergie wurde die Anzahl der von je 100 keimenden Samen durch das Stanniol durchgewachsenen Keimlinge angesehen, so zwar, daß die Keimungsenergie in der Tabelle ausgedrückt erscheint durch das mittlere Zählprozent der durchgewachsenen Keimpflanzen bei der entsprechenden Entfernung einerseits und bei den verschiedenen Widerständen, beziehungsweise Substraten anderseits. Aus diesen Zahlen geht hervor, daß die größte Durchwachsungsenergie der Weizen besitzt, dann kommt Roggen, hierauf Gerste und schließlich Hafer. Weiters ist ersichtlich, daß, je größer die Stanniolдicke ist, desto geringer die Durchwachsungsenergie ist. Ein besonders anschaulicher Fall ist auf Tafel XIII nach einer photographischen Aufnahme abgebildet. Die Gläser in Figur 1 und 2 enthalten Weizen bei gleicher Entfernung von der Stanniolfläche. Bei Figur 1 mit einfachen dünnem Stanniol sind nach 6 Tagen 27 Keimlinge, bei Figur 2 mit doppelter Stanniollage hingegen ist kein einziger durchgewachsen.

Analoges zeigt der Versuch mit Roggen, Figur 3 und 4.

Durch dreifach gelegtes dickes Stanniol ist überhaupt bei keinem Versuche ein Keimling durchgewachsen.

In den Abbildungen auf Tafel XIV soll die Beziehung der Durchwachsungsenergie zur Entfernung von der Stanniolfläche veranschaulicht werden. In allen vier Gläsern ist Roggen mit gleicher Stanniollage (einfaches, dünnes Stanniol), jedoch bei verschiedenen Abständen von der Stanniolfläche. Dieselbe beträgt bei Figur 1 15 *mm*, bei Figur 2 20 *mm*, Figur 3 25 *mm* und Figur 4 30 *mm*. Wir sehen bei Figur 1 11 durchgewachsene, bei Figur 2 5, bei Figur 3 2 und bei Figur 4 1, in allen Fällen nach 6 Tagen Versuchsdauer.

Zur Veranschaulichung einerseits der durchgewachsenen und nicht durchgewachsenen Keimlinge, anderseits der Längenunterschiede der Coleoptilen bei gleicher Entfernung von der Stanniolfläche wurde die Tafel XVI nach photographischen Aufnahmen angefertigt und ist aus derselben zu ersehen, daß die Weizenkeimlinge im Licht und im Dunkeln bei 40 *mm* Entfernung durch das einfache Stanniol durchgewachsen sind; ferner, daß die Coleoptile im Lichte (Figur *a*) 45 *mm*, im Dunkeln (Figur *b*) 60 *mm* erreichte, während in Figur *c* die typische Deformierung eines ganz in Erde eingebettet gewesenen, bei Verwendung von doppelter Stanniollage nicht

durchgewachsenen Keimlings veranschaulicht werden soll. Außerdem ist auf dieser Tafel (XVI) auch noch die Austrittsstelle des Primordialblattes aus der Coleoptile (Figur *d* und *e*) ersichtlich, wie dies an einer weiteren Stelle der Abhandlung näher beschrieben ist.

Aus den Versuchen geht weiter hervor, daß das Filtrierpapier sich als besseres Keimsubstrat erwiesen hat als Erde.

Der Einfluß des Lichtes ist in den Abbildungen der Tafel XV veranschaulicht. Die Bechergläser enthalten dieselbe Spezies, nämlich Roggen bei gleicher Entfernung von der Stanniolfläche (15 *mm*) und bei demselben einfachen starken Stanniol. Bei den Figuren 1 und 3, im Dunkeln, beträgt die Zahl der nach 6 Tagen durchgewachsenen Keimlinge 7, beziehungsweise 4. Figur 2 und 4 sind im Lichte gehalten worden und beträgt hier die Zahl der durchgewachsenen 5, beziehungsweise 3 Keimlinge.

III. Maß der Perforationsstärke.

Um auch die Größe der Arbeitsleistung beim Durchbrechen des Stanniols zu ermitteln, habe ich einen besonderen Apparat in Form einer zweiarmigen Standwage konstruiert (Tafel XVII), an welcher die eine Hälfte des Wagebalkens mit der Klemmschraube (*K*) zur Aufnahme eines Stahlstiftes (*S*) und mit einem Laufgewichte (*l*) zur Einstellung des Gleichgewichtszustandes versehen ist; an der anderen Seite des Wagebalkens ist eine gewöhnliche Wagschale zur Aufnahme der Gewichte (*g*) angebracht.

Die Stahlstifte, welche in die Ösen eingeklemmt wurden, hatten die Form und durchschnittliche Größe der Keimblattscheiden der vier zu den Versuchen verwendeten Getreidearten. Oberhalb wurde dann jedesmal ein gespanntes Stanniolblättchen so angebracht, daß die Stiftspitze, welche entsprechend abgerundet war, im Gleichgewichtszustande der Wage die Stanniolfläche gerade berührte. Die Kraft nun, welche notwendig war, um das Stanniol zu durchbohren, wurde durch Auflegen von Gewichten auf die Wagschale ermittelt.

In der folgenden Tabelle 2 sind die Durchschnittswerte in Gramm aus mehreren Wägungen angegeben, welche als Maß der Stärke der Durchstoßung der verschiedenen Stanniollagen angesehen werden können.

Perforationsstärke Tabelle 2.

ausgedrückt in Gramm nach Messungen mit der Perforationswage.

	Stift Nr. 1, Hafer			Stift Nr. 2, Gerste		
Stiftlänge	1 *cm*	2·5 *cm*	4 *cm*	1 *cm*	2·5 *cm*	4 *cm*
dünnes Stanniol einfach . . .	18·5 *g*	19·3 *g*	20·5 *g*	15·5 *g*	17·5 *g*	19·8 *g*
dickes Stanniol einfach . . .	28·4 „	30·4 „	32·3 „	18·5 „	20·4 „	22·2 „
dünnes Stanniol doppelt . . .	35·6 „	37·2 „	38·2 „	28 „	29·9 „	30 „
dickes Stanniol doppelt . . .	51·1 „	61·7 „	68 „	42·5 „	44·4 „	48·3 „
dünnes Stanniol dreifach . . .	58·8 „	62 „	69 „	46·9 „	47·6 „	50·2 „
dickes Stanniol dreifach . . .	60·3 „	65·6 „	69·7 „	59·2 „	62·1 „	68·6 „

	Stift Nr. 3, Roggen			Stift Nr. 4, Weizen		
Stiftlänge	1 *cm*	2·5 *cm*	4 *cm*	1 *cm*	2·5 *cm*	4 *cm*
dünnes Stanniol einfach . . .	12·9 *g*	14·2 *g*	14·8 *g*	6·2 *g*	6·8 *g*	7 *g*
dickes Stanniol einfach . . .	19·8 „	21·7 „	23·8 „	9·7 „	10·5 „	13·6 „
dünnes Stanniol doppelt . . .	23·7 „	26·5 „	27·8 „	13·5 „	14·4 „	15·5 „
dickes Stanniol doppelt . . .	33·1 „	36·4 „	41·8 „	19·3 „	21·1 „	22·7 „
dünnes Stanniol dreifach . . .	38 „	40·6 „	42·6 „	19·5 „	22 „	23·4 „
dickes Stanniol dreifach . . .	49 „	50·8 „	53·5 „	27·2 „	28·3 „	31·6 „

Aus dieser Tabelle geht also hervor, daß die Arbeitsleistungen bei der Perforation des Stanniols bei den vier Hauptgetreidearten sehr verschieden sind und je nach der Stärke des Stanniols folgenden Werten entsprechen:

bei Weizen (Stift Nr. 4) 6·2 *g* bis 31·0 *g*
„ Roggen („ „ 3) 12·9 „ „ 53·5 „
„ Gerste („ „ 2) 15·5 „ „ 68·6 „
„ Hafer („ „ 1) 18·5 „ „ 69·7 „

Der einzelne Keimling hat demnach beim Weizen die kleinste Arbeitsleistung beim Durchwachsen zu vollführen, während der Hafer in dieser Hinsicht am meisten in Anspruch genommen wird. Dementsprechend ist wieder umgekehrt, wie schon aus der Tabelle 1 zu entnehmen ist, die Perforationsenergie oder das Durchwachsungsprozent der Keimlinge bei diesen vier Getreidearten in entgegengesetzter Reihenfolge angeordnet.

Aus der Tabelle 2 ist weiters ersichtlich, daß je kürzer der Stift ist, desto leichter das Stanniol durchstoßen wird, so daß also die Perforationsstärke der Länge des Stiftes verkehrt proportional ist.

Diesem Ergebnis entspricht auch die aus Tabelle 1 ersichtliche Erscheinung, daß bei einem geringeren Abstande der Samen vom Stanniol mehr Keimlinge durchwachsen als bei einem größeren.

IV. Zur Anatomie, Morphologie und Biologie der Keimblattscheide[1] (Coleoptile).

Die Keimblattscheide oder, wie sie Mirbel[2] bezeichnet, die Coleoptile, ist ein anfänglich allseitig geschlossenes, zylindrisches Organ, von zumeist ovalem bis zylindrischem Querschnitte, welches dem Keimsprosse beim Durchbrechen des Bodens als Schutzmittel dient. (Abbildung Figur 1.)

Betrachtet man den anatomischen Aufbau etwas näher, so sieht man zunächst nach außen die Epidermis, deren Zellen am Spitzenteile von würfelförmiger Gestalt (siehe Figur 2) sind und gegen die Basis der Coleoptile zu eine mehr langprismatische Form annehmen. Hierauf folgen zwei bis vier Schichten dünnwandiger parenchymatischer Zellen, an die sich nach innen zu wieder eine epidermisähnliche Zellschicht anreiht. In der Parenchymschicht verlaufen zwei einander gegenüberliegende Gefäßbündel.

Spezifisch mechanische Zellen, wie Bast- oder Collenchymzellen[3], die beim Durchbrechen des Erdreiches dienlich sein könnten, sind nicht vorhanden, bloß eine bedeutend stärker ausgebildete Cuticula findet sich namentlich im Spitzenteile der Coleoptile, welcher hierdurch ein nicht geringer Schutz gegen äußere Verletzungen gewährt wird.

Allerdings ist aber die Coleoptile an der Spitze mächtiger entwickelt als an den anstoßenden Seiten, ebenso sind die

[1]) Dieser Abschnitt wurde von Herrn Dr. Emanuel Rogenhofer (botanischer Hilfsassistent an der k. k. Samenkontrollstation in Wien), welcher auch bei der Durchführung der zahlreichen Versuche in dankenswerter Weise mitgewirkt hat, bearbeitet und wird von demselben in der nächsten Zeit eine ausführliche Abhandlung über den Gegenstand dieses Abschnittes veröffentlicht werden.

[2]) Mirbel M.: »Observations sur la germination des graminées«. Ann. d. Mus. XIII, pag. 145.

[3]) Siehe Haberlandt: »Schutzeinrichtungen«, pag. 67.

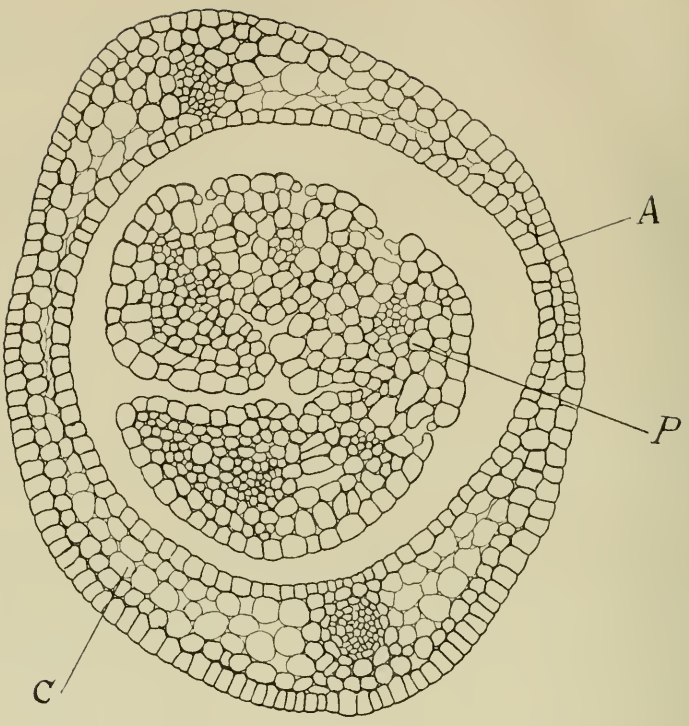


Fig. 1.
Vergrößerung zirka 500:1. Querschnitt durch die Plumula eines vier Tage alten Roggenkeimlings: *C* = Coleoptile, *P* = Primordialblatt, *A* = vorgebildete Austrittsstelle des letzteren.

Epidermiszellen an dieser Stelle in radialer Richtung stärker ausgebildet als die seitlichen und gewähren in ihrer Würfelform mit dem darunterliegenden dichtzelligen Parenchym eine Versteifung der Spitze, welche als mechanische Ausrüstung anzusehen ist, und zwar insbesondere mit Rücksicht auf die Inanspruchnahme der Coleoptile auf Druckfestigkeit.

Bei den zu diesen Versuchen verwendeten vier Hauptgetreidearten sind im anatomischen Aufbau der Coleoptile keine Unterschiede wahrnehmbar und deshalb eine Verwechslung untereinander leicht möglich, wenn auch äußerlich morphologisch jedoch die Coleoptilen dieser vier Spezies bei einiger Übung sich leicht unterscheiden lassen, da schon makroskopisch wahrnehmbare Unterschiede in der äußeren Form, Länge, Dicke und Färbung vorhanden sind. Bezüglich des morphologischen Charakters der

Coleoptile stehen sich derzeit zwei Ansichten diametral gegenüber. Die eine, deren Hauptvertreter B. Frank ist, bezeichnet die Coleoptile als Keimblatt; nach der zweiten Ansicht, welcher sich auch die Mehrzahl der heutigen Forscher anschließt, wird das Skutellum als Kotyledon aufgefaßt, während die Coleoptilen selbst wieder verschieden gedeutet werden.

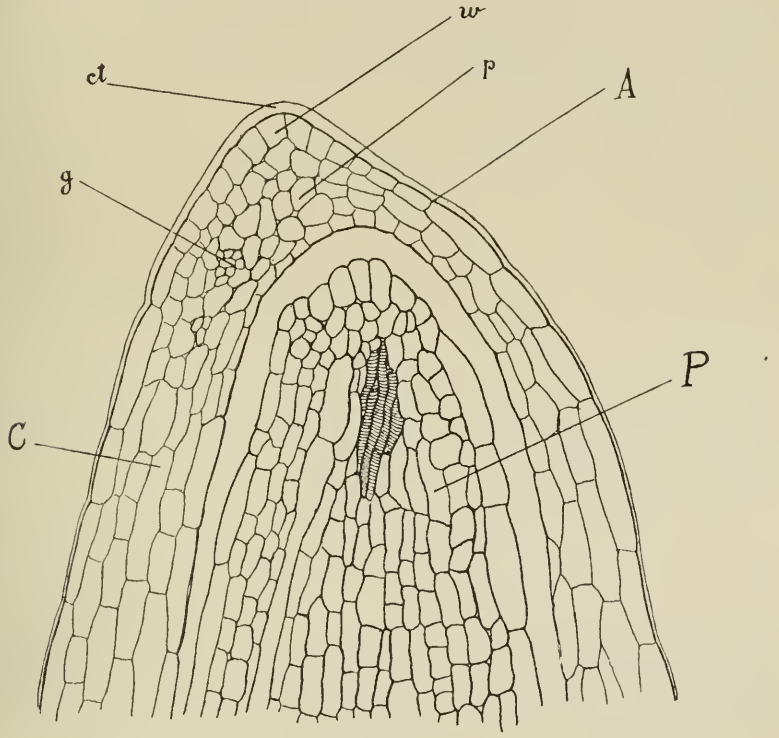


Fig. 2.
Vergrößerung zirka 500:1. Längsschnitt durch die Plumula eines vier Tage alten Weizenkeimlings: *C* = Coleoptile, *P* = Primordialblatt, *ct* = verdickte Cuticula, *w* = würfelförmige Epidermiszellen, *p* = parenchymatisches Gewebe, *g* = Gefäßbündel, *A* = vorgebildete Austrittsstelle des Primordialblattes.

Mit Rücksicht auf das eigentliche Thema dieser Arbeit erscheint es mir nicht von Belang zu sein, hier auch näher auf diese Frage einzugehen, um so mehr, als dieser Gegenstand, wie bereits erwähnt, in einer besonderen Abhandlung bearbeitet werden soll.

Was jedoch den mechanischen Vorgang beim Austritte des Laubblattes aus der Coleoptile betrifft, so möchte ich doch noch

auf eine hierüber von Rothert[1]) gemachte Äußerung hinweisen, daß der Zeitpunkt des Durchbrechens der Coleoptile durch das Laubblatt von dem Verhältnisse der beiderseitigen Wachstumsgeschwindigkeiten abhängt.

»Anfangs wachsen beide Organe gleich schnell, dann aber beginnt die Wachstumsintensität[2]) des Kotyledons zu sinken, während diejenige des Laubblattes steigt. Infolgedessen füllt das Laubblatt zunächst die Höhlung des Kotyledons vollständig aus, übt auf ihn einen schnell steigenden Druck und durchbricht ihn schließlich am Orte geringster Festigkeit.«

Aus diesen Angaben geht allerdings nicht hervor, ob beim Heraustreten des Primordialblattes eine Verletzung der Zellen der Coleoptile stattfindet oder nicht.

Nach den bei meinen Versuchen gemachten Beobachtungen tritt nun eine Verletzung der Zellen der Coleoptile nicht ein, im Gegenteil, es wird schon sehr frühzeitig eine Austrittsstelle (*A*, Figur 1 und 2, sowie Tafel XVI, Figur *d* und *e*) vorgebildet, in der Weise, daß nahe unterhalb der mechanisch wirksamen Spitze der Coleoptile sich die sonst drei bis vier Zellagen umfassende Parenchymschicht soweit verjüngt, daß die beiden Epidermiszellschichten unmittelbar aneinanderstoßen.

An dieser dünnsten Stelle nun lösen sich die Zellen an den Radialwänden voneinander los, so daß ein länglicher Schlitz (Tafel XVI, Fig. *d* und *e*) entsteht, der dann allerdings durch das rasche Wachstum des heraustretenden Primordialblattes erweitert wird. Schließlich wird die Coleoptile auf der einen Seite gänzlich zerrissen. Daranschließend möchte ich noch das biologische Moment des ganzen Durchwachsungsvorganges etwas erläutern.

Die Bedingungen für das Durchbohren des Stanniols hängen natürlich von mehreren Faktoren ab; in erster Linie ist wohl der Einfluß des Lichtes hierbei maßgebend, wie dies auch insbesondere aus den Versuchen in Tabelle 1 hervorgeht. Auch durch die Versuche von Rothert[3]) mit *Avena sativa* wird dies bestätigt, indem nämlich bei einer im Lichte gehaltenen Kultur die Coleoptile nur eine Länge von 1—2 *cm* erlangte, dagegen die Coleoptilen der im Dunkeln gezogenen Keimlinge bis zu 6 *cm* Länge erreichten.

Daß eine Länge von 6 *cm* jedoch nicht die äußerste Grenze

[1]) Rothert W.: Über Heliotropismus«.

[2]) Siehe auch W. Pfeffer: »Pflanzenphysiologie«, II. Bd., pag. 891—893.

[3]) Rothert: l. c.

ist, beweist der Umstand, daß bei unseren Versuchen Keimlinge durch einfaches dünnes Stanniol bei einem Abstande von 6 *cm* (siehe Tabelle 1) noch durchgewachsen sind, die Coleoptilen also eine Länge von 6·5 bis fast 7 *cm* erreichten.

Daß auch die Längen der Coleoptilen bei verschiedenen Sorten einer und derselben Getreideart verschieden sein können, geht aus den Beobachtungen von L. Hiltner[1]) hervor, welcher zum Beispiel beim Petkuserroggen eine durchschnittlich kürzere Coleoptile als beim Staudenroggen konstatierte und stets ein schlechtes Auflaufen des Roggens vorfand, wenn das Primordialblatt zu früh die Coleoptile durchbrochen hatte, ein Fall, der insofern für unsere Durchwachsungsversuche von Belang ist, als ein Keimling, bei dem das Primordialblatt bereits aus der Coleoptile herausgetreten war, in keinem Falle mehr imstande war, auch nur die dünnste Stanniollage zu durchbohren.

Wie ich schon eingangs erwähnt habe, ist die mechanische Funktion der Coleoptile naturgemäß auch für die Tiefe der Unterbringung der Saat von biologischer Bedeutung und stimmen auch die Angaben von Wollny über die Saattiefe der Getreidearten mit meinen Durchwachsungsversuchen überein, da auch für Weizen, welcher nach meinen Versuchen das größte Durchwachsungsprozent aufweist, die Saattiefe am größten ist.

V. Zusammenfassung der Hauptresultate.

1. Die Keimlinge der vier Hauptgetreidearten durchwachsen in der Regel schon nach vier bis fünf Tagen das gespannte Stanniol mit verschiedener Energie, welche mit der Dicke des Stanniols und der Entfernung der Samen von der Stanniolfläche abnimmt.

2. In allen Fällen durchwachsen nur solche Keimlinge das Stanniol, bei welchen die Coleoptile vom ersten Laubblatt noch nicht durchbrochen ist. Ist das Primordialblatt bereits aus der Coleoptile herausgetreten, so ist der Keimling (Sproß) nicht imstande, das Stanniol zu perforieren.

3. Bei den im Dunkeln angestellten Versuchen wachsen die Keimlinge besser durch wie bei den im Lichte vorgenommenen. Am leichtesten wurde das Stanniol von den Keimlingen dann durchbohrt, wenn der Einfluß des Lichtes (die heliotropischen Krümmungen)

[1]) Hiltner L.: »Über schlechtes Auflaufen des Roggens«. Prakt. Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz«, IV. Jahrg., 1906, Heft 11.

vollständig ausgeschlossen war, so daß der negativ geotropische Sproß genau senkrecht die Stanniolfläche treffen konnte.

4. Die Durchwachsungsenergie, das ist der Prozentsatz der durchgewachsenen Keimlinge, ist bei den vier Hauptgetreidearten verschieden groß und läßt sich in folgende Reihe bringen: 1. Weizen, 2. Roggen, 3. Gerste, 4. Hafer; beim Weizen ist dieselbe also am größten und nimmt gegen den Hafer zu an Stärke ab.

Hingegen kehrt sich diese Reihenfolge um, wenn die vier Getreidearten nach der von den Keimlingen bei der Perforation geleisteten Arbeit angeordnet werden.

5. Als mechanisches Organ fungiert bei der Durchbrechung des Stanniols die Coleoptile, und zwar hauptsächlich infolge ihrer großen Turgeszenz, da allerdings keine spezifisch mechanischen Zellelemente in der Coleoptile vorhanden sind, aber eine im Vergleich zum Primordialblatte bedeutend stärker verdickte Cuticula, namentlich an der Spitze, an welcher auch noch durch die besonders mächtig entwickelten würfelförmigen Epidermiszellen und das darunter liegende dichtzellige Parenchym eine mechanische Ausrüstung geschaffen ist gegenüber der Inanspruchnahme der Coleoptile auf Druckfestigkeit.

6. Auch das Hervorbrechen des ersten Laubblattes aus der Coleoptile ist ein rein mechanischer Prozeß, bei welchem das Primordialblatt stets an der schwächsten Stelle der Coleoptile durch Lostrennung der beiden Zellagen aus einem bereits vorgebildeten Schlitz heraustritt.

VI. Verzeichnis der benützten Literatur.

Gentner Georg: »Über die Vorläuferspitzen der Monocotylen«. Flora, VC. Bd. (Erg.-Bd. zu 1905), pag. 327—383.

Goebel K.: »Ein Beitrag zur Morphologie der Gräser«. Flora, LXXXI. Bd., pag. 17. — »Grundzüge der Systematik und speziellen Pflanzenmorphologie«. Leipzig, Engelmann 1882. — »Organographie der Pflanzen«, Jena, G. Fischer, 1898.

Haberlandt G.: »Die Schutzeinrichtungen in der Entwicklung der Keimpflanze«, Wien, C. Gerolds Sohn, 1877.

Hanstein Johannes: »Die Entwicklung des Keimes der Monocotylen und Dicotylen«, Bot. Abhandl. a. d. Geb. d. Morph. und Physiol., I. Bd., 1871.

Harz C. O.: »Landwirtschaftliche Samenkunde«, Berlin, P. Parey, 1885.

Hegelmeier Fr.: »Zur Entwicklungsgeschichte monokotyledoner Keime«. Bot. Ztg. 1874, pag. 660.

Hiltner L.: »Über schlechtes Auflaufen des Roggens«. Prakt. Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, IV. Jahrg., 1906, Heft 11.

Klebs G.: »Beiträge zur Morphologie und Biologie der Keimung«, Unters. a. d. bot. Inst. zu Tübingen, I. Bd., 1881—1885, pag. 536.

Mirbel M.: »Observations sur la germination des graminées«. Ann. d. Mus., XIII, pag. 145.

Pfeffer W.: »Pflanzenphysiologie«, Leipzig, W. Engelmann, 1897—1904.

Rothert W.: »Über Heliotropismus«. Cohns Beiträge zur Biologie der Pflanzen, VII. Bd., 1896.

Schwendener S.: »Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monocotylen«, 1874.

Strasburger E.: »Lehrbuch der Botanik für Hochschulen«, Jena, H. Fischer, 1906.

Wollny E.: »Saat und Pflege der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen«, 1885.

VII. Erklärung der Tafeln.

Tafel XIII: Figur 1 und 2 Weizen; Figur 1 einfacher, Figur 2 doppelter Stanniolbelag.

Figur 3 und 4 Roggen; Figur 3 einfacher, Figur 4 doppelter Stanniolbelag.

Tafel XIV: Roggen durchgewachsen bei verschiedenen Abständen von der Stanniolfläche. Distanz 15 *mm* bei Figur 1, 20 *mm* bei Figur 2, 25 *mm* bei Figur 3 und 30 *mm* bei Figur 4.

Tafel XV: Roggen: Figur 1 und Figur 3 im Dunkeln durchgewachsene Keimlinge, Figur 2 und Figur 4 im Lichte durchgewachsene Keimlinge.

Tafel XVI: *a* und *b* 8 Tage alte Weizenkeimlinge durchgewachsen durch einfaches dünnes Stanniol: *a* im Lichte (Coleoptile 45 *mm* lang); *b* im Dunkeln gehalten (Coleoptile 60 *mm* lang); *c* Roggenkeimling, 8 Tage alt, nicht durchgewachsen bei doppelter Stanniollage in Erde; bei allen drei Versuchen war die Distanz von der Stanniolfläche die gleiche (40 *mm*); *d* und *e* durchgewachsene Weizenkeimlinge, die Austrittstelle des Primordialblattes aus der Coleoptile darstellend. *a*, *b* und *c* etwas verkleinert, *d* und *e* ungefähr achtfach vergrößert.

Tafel XVII: Perforationswage nach v. Weinzierl.

Über Reizleitungsgeschwindigkeit und Latenzzeit bei Mimosa pudica

von

K. Linsbauer (Wien).

Mit 1 Textfigur.

Eingelangt am 12. Oktober 1907.

Das eingehende Studium der Teilprozesse einzelner Reizvorgänge und ihrer Abhängigkeit von äußeren Faktoren hat bereits vielfach tiefere Einblicke in das Wesen der Reizerscheinungen eröffnet, wie namentlich die neueren Untersuchungen über Geotropismus, Haptotropismus etc. beweisen. Wenn die Analyse der seismonastischen Reizvorgänge heute noch nicht sehr weit vorgeschritten ist, so liegt es namentlich an den großen Schwierigkeiten, welche die gesonderte Untersuchung der einzelnen Glieder der Reizkette bei verhältnismäßig so schnell ablaufenden Reaktionen bietet. Und doch böte gerade in diesem Falle ihre Abhängigkeit von äußeren Faktoren besonderes theoretisches Interesse.

Haberlandts[1]) grundlegende Versuche über das reizleitende Gewebe von *Mimosa pudica* streifen diese Frage nur nebenher; bei ihnen handelte es sich vornehmlich darum, aus dem anatomischen Bau des physiologischen Apparats die Eigentümlichkeiten der Reizleitung und Reizausbreitung zu erklären, wodurch der genannte Forscher zu einer wertvollen Stütze seiner Anschauung über die Mechanik der Reizleitung gelangte. Die Frage nach der Abhängigkeit der Reizleitungsgeschwindigkeit vom Turgeszenzzustand und äußeren Faktoren wurde aber naturgemäß nur nebenbei erörtert. Ob diese tatsächlich nur dadurch die Ausbreitungsgeschwindigkeit beeinflussen, daß sie den Turgeszenzgrad alterieren, oder ob sie auch in anderer Weise auf die Leitungsvorgänge Einfluß nehmen, ist

[1]) »Das reizleitende Gewebesystem der Sinnpflanze«, Leipzig (Engelmann, 1890).

keineswegs entschieden, um so weniger, alsman nach den neueren Untersuchungen Fittings[1]) dem Turgeszenzgrad eine weniger Ausschlag gebende Rolle zuschreiben muß, als es bis dahin auf Grund der Sachsschen Angaben anzunehmen war.

Eine genauere Kenntnis der Abhängigkeit der Reizleitungsvorgänge bei *Mimosa* von äußeren Faktoren — um nur ein Problem aus dem oben angedeuteten Komplex von Fragen herauszugreifen — wäre allein schon von Bedeutung; handelt es sich doch hier, wie wir auf Grund der Untersuchungen von Pfeffer und Haberlandt annehmen, um Leitung einer hydrostatischen Druckdifferenz, also um echte »Reizleitung« im Gegensatze zu den sonst so häufig beobachteten Leitungsvorgängen eines physiologischen »Erregungszustandes«. Es ist von vornherein wahrscheinlich, daß diese beiden in ihrem Wesen ganz verschiedenen Reizleitungsprozesse auch in wesentlich verschiedener Weise von äußeren Bedingungen beeinflußt werden dürften.

Über die gesetzmäßigen Beziehungen zwischen diesen und den Leitungsvorgängen bei Stoßreizung geben aber die vorliegenden Versuche keinen befriedigenden Aufschluß, zumal bei der Mehrzahl der Angaben über Leitungsgeschwindigkeit die Latenzzeit nicht entsprechend in Rücksicht gezogen wurde. Es ist keineswegs ausgeschlossen, daß gerade in unserem Falle gewisse Änderungen in den herrschenden Bedingungen die Schnelligkeit der Reizausbreitung nicht oder nur unwesentlich beeinträchtigen und die angeblichen Differenzen in der Leitungsgeschwindigkeit auf Rechnung einer beträchtlich modifizierten Latenzzeit zu setzen sind. Wenngleich diese nach einer Angabe Pfeffers weniger als eine Sekunde beträgt — genauere Messungen scheinen nicht vorzuliegen — so kann die Vernachlässigung dieses Wertes doch bei dem rapiden Ablauf der Gesamtreaktion zu sehr beträchtlichen Fehlern Anlaß geben.

Eine genauere Ermittlung der Reizleitungsgeschwindigkeit bedingt demnach eine eingehendere Berücksichtigung der Latenzzeit. Aus diesem Grunde hat auch Fitting[2]) bereits auf die Helmholtzsche Methode zur Ermittlung der Reizleitungsgeschwindig-

[1]) Pringsheim, Jahrb. für wiss. Bot. 1903.

[2]) Vgl. H. Fitting: »Die Reizleitungsvorgänge bei den Pflanzen«. Ergebn. d. Physiologie, Bd. IV. und V (1905 und 1906), woselbst eine eingehende und kritische Besprechung der einschlägigen Literatur zu finden ist.

keit verwiesen, welcher sich bereits Bert[1]) zur Ermittlung der Reizleitungsgeschwindigkeit in den sekundären Blattstielen von *Mimosa pudica* bediente.

Ich will an dieser Stelle nur über einige Versuche berichten, die den Charakter einer Vorarbeit an sich tragen und in erster Linie in der Absicht angestellt wurden, verschiedene Methoden zur möglichst genauen Ermittlung der Reizleitungsgeschwindigkeit und Reaktionszeit auf ihre Brauchbarkeit zu prüfen und eine Vorstellung über die zu beobachtenden Geschwindigkeitsextreme zu gewinnen.

Zur Durchführung der nachstehenden Versuche, welche im heurigen Hochsommer ausgeführt wurden, stand mir ein reiches Material in der Wiener biologischen Versuchsanstalt zur Verfügung, deren Leitern ich hierfür zu herzlichem Danke verpflichtet bin. Desgleichen schulde ich Herrn Professor Dr. Kreidl besonderen Dank für die mir in zuvorkommendster Weise zur Verfügung gestellten Registrierapparate aus dem Instrumentarium des physiologischen Instituts.

A. Reizleitungsgeschwindigkeit im primären Blattstiel.

Als Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Wundreizes bei *Mimosa pudica* wird in der Regel eine Strecke von 8—15 *mm* pro Sekunde angegeben, Werte, die auf Beobachtungen Dutrochets[2]) zurückgehen. Die späteren Angaben bewegen sich zumeist gleichfalls innerhalb dieser Grenzen. Daß aber die Leitungsgeschwindigkeit auch beträchtlich höhere Werte erreichen kann, ist zweifellos. So gibt zum Beispiel Pfeffer an, daß sich nach dem Durchschneiden der Spitze des sekundären Blattstiels die Reaktion des primären Gelenkes in 3—4″ einstellt. Nehmen wir an, daß es sich hierbei um ein ausgewachsenes Blatt von etwa 90 *mm* Gesamtlänge handelte, so berechnet sich die durchschnittliche Leitungsgeschwindigkeit unter Vernachlässigung der Latenzzeit mit 30 *mm* pro Sekunde. Da aber zweifellos die Leitung im sekundären Blattstiel wesentlich langsamer vor sich geht — Bert gibt pro Sekunde 6 *mm* an — so folgt daraus, daß wenigstens im primären Blattstiele die Leitungsgeschwindigkeit voraussichtlich noch höhere Werte erreichen kann, namentlich dann, wenn die Latenzzeit stärker ins Gewicht fallen sollte.

[1]) »Récherches sur le mouvement de la sensitive«. Mém. de la soc. d. science phys. et mech., Bordeaux 1870.

[2]) Zit. n. Fitting, l. c.

Zur Zeitmessung bediente ich mich bei allen meinen Versuchen der Registriermethode. Hierzu benützte ich ein vom Wiener Universitätsmechaniker L. Castagna angefertigtes, durch ein Uhrwerk getriebenes Kymographion von ziemlich großer Umdrehungsgeschwindigkeit, die durch verschieden große Windflügel innerhalb beträchtlicher Grenzen entsprechend reguliert werden kann. Eine durch einen Elektromagneten in Schwingungen versetzte Metallfeder veranlaßte in bestimmten Intervallen eine Stromunterbrechung; dieser Stromunterbrecher sowie ein »Zeitschreiber« (Z. I), das heißt ein kleiner Elektromagnet, an dessen Anker ein Aluminiumschreiber befestigt ist, waren in denselben Stromkreis (A) geschaltet, so daß der Schreiber jede Stromunterbrechung auf dem berußten Papiermantel der rotierenden Trommel des Kymographions in üblicher Weise markierte. Durch Verschiebung des Fixpunktes der schwingenden Feder des Unterbrechers konnte die Schwingungszahl und mithin die Anzahl der Stromunterbrechungen innerhalb weiter Grenzen reguliert werden, so daß das Intervall zwischen zwei Marken 0·5 bis 0·01 Sekunden betrug. Natürlich mußte bei Markierung besonders kurzer Zeitintervalle die Trommel in der oben bezeichneten Weise in schnellere Rotation versetzt werden.

Durch einen zweiten, in getrenntem Stromkreis (B) geschalteten Zeitschreiber (Z. II), wurde knapp unterhalb der »Zeitkurve« der Moment der Reizung und des Reaktionsbeginnes markiert. Diese Registrierung erfolgte teils mit der Hand, indem der jeweilige Stromschluß durch einen Taster hergestellt wurde, teils automatisch.

Die Bestimmung der Reizleitungsgeschwindigkeit beruht auf folgender Überlegung. Die Zeit t, welche vom Moment der Reizung bis zum Reaktionsbeginn verstreicht, setzt sich zusammen aus der Zeit, welcher der Reiz bedarf, um mit einer gewissen Geschwindigkeit c die Strecke (s) von der verletzten Stelle bis zur motorischen Zone zu durchlaufen und der Latenzzeit (l). Wird nun ein Blatt nach vollständiger Erholung in geringerer Entfernung (s') vom Gelenk gereizt, so muß (theoretisch) die Reaktion in der kürzeren Zeit t' eintreten; vorausgesetzt, daß Latenzzeit und Reizleitungsgeschwindigkeit in beiden Fällen die gleichen Werte erreichen, ergibt sich für die Leitungsgeschwindigkeit $c = \frac{s-s'}{t-t'}$.

Diese Voraussetzung trifft nun, wie mir zahlreiche Versuche bewiesen, in der Regel nicht zu. Die erste Verletzung alteriert das Blatt so stark, das selbst nach mehreren Stunden, wenn das Blatt

natürlich schon längst Ausdiegangsstellung wieper eingenommen hat, der neuerliche in geringerer Distanz vom Hauptgelenk applizierte Reiz unverhältnismäßig spät eine Reaktion zur Folge hat, so daß oft t' größer ist als t. Läßt man zwischen beiden Reizungen einen längeren Zeitraum (12—24 Stunden) verstreichen, so kann sich der Reizzustand der Pflanze infolge der wechselnden äußeren und inneren Verhältnisse wesentlich verändert haben. Ich zog es daher vor, verschiedene Blätter in den Entfernungen s, beziehungsweise s' vom Hauptgelenk zu reizen und die dabei erhaltenen Werte von t und t' der Berechnung zugrunde zu legen unter Vernachlässigung etwaiger individueller Differenzen zwischen den einzelnen Blättern desselben Individuums.

Im nachfolgenden soll die Reizleitungsgeschwindigkeit für drei verschiedenartige Formen der Verletzung besprochen werden.

a) Verletzung durch erhitzten Platindraht.

In den Stromkreis B wurde außer dem Zeitschreiber ein Federtaster und ein äußerst dünner Platindraht eingeschaltet, der zwischen den gabelförmig gebogenen Enden des Leitungsdrahtes ausgespannt war. Dieser wurde mit Hilfe einer an einem Stativ verschiebbaren Klemme so auf eine bestimmte Stelle des primären Blattstieles gesenkt, daß er durch diesen leicht gespannt war. Der Stromschluß bewirkte eine beträchtliche Erhitzung des Drahtes und die automatische Markierung des Reizbeginnes durch den Schreiber II. Bei Eintritt der Reaktion wurde der federnde Taster losgelassen, wodurch infolge der Stromöffnung eine zweite Marke auf dem Kymographion festgelegt wurde[1]). Da es bei dieser Versuchsanordnung immer längere Zeit währte, bis der Draht sich genug in das Gewebe eingebrannt hatte, um eine Reizung zu bewirken und die Verletzung nur allmählich gesteigert wurde, verstrich bis zum Reaktionsbeginn ein verhältnismäßig langer Zeitraum, der sich aber gerade aus diesem Grunde sehr genau ermitteln ließ. Ein — allerdings wohl nur unbeträchtlicher — Fehler ist dabei unvermeidlich, insofern die einzelnen Blattstiele untereinander und an verschiedenen Stellen nicht völlig gleiche Dicke besitzen, so daß in den einzelnen Versuchen auch bei gleicher Erhitzung des Drahtes eine verschieden lange Zeit bis zur wirksamen Reizung verstreichen könnte. Diese

[1]) Bei diesen und anderen Versuchen wurde ich von cand. phil. P. Frösche in kollegialer und dankenswerter Weise unterstützt.

jedenfalls geringfügige Differenz kann das Resultat nicht wesentlich beeinflussen.

Die nachfolgende Tabelle gibt eine derartige Versuchsreihe wieder.

15. September: $T = 19{\cdot}6^0$ C. — Rel. Feucht. $= 94\%$.

Pflanze	Blatt-Nr.[1])	s in mm	t in Sek.	Blatt-Nr.	s' in mm	t in Sek.	Leitungsgeschwindigkeit $c = \frac{s-s'}{t-t'} \left(\frac{mm}{\text{Sek.}}\right)$
A	3	49	13·15	4	15	5·6	4·5
	3	49	13·15	1	7	4·05	4·61
	4	15	5·6	1	7	4·05	5·16
B	4	42	12·8	5	15	3·6	2·9
	2	43	5·1	5	15	3·6	18·6
C	3	49	6·6	4	18	3·2	9·12
	3	49	6·6	8	8	2·2	9·32
	4	18	3·2	8	8	2·2	10·0
D	3	59	11·5	2	10	2·95	5·14
	3	59	11·5	6	7	1·7	5·3

Sehen wir von der Pflanze *B* ab, bei welcher die beiden gefundenen Werte untereinander stark differieren, so ergeben die ermittelten Zahlen für jede Pflanze eine ziemliche Übereinstimmung. Es berechnen sich daraus nachstehende Mittelwerte für die Reizleitungsgeschwindigkeit:

A	$c =$	$4{\cdot}75 \left(\frac{mm}{\text{Sek.}}\right)$
D	$c =$	$5{\cdot}22$ „
C	$c =$	$9{\cdot}48$ „
Gesamtmittel aus allen Versuchen	$c =$	$7{\cdot}47$ „

b) Verletzung durch Einschneiden des primären Blattstieles.

Diese Versuche wurden in verschiedener Weise variiert. Zunächst versuchte ich mit scharfem Rasiermesser (Mikrotom-

[1]) Die Blätter wurden stets von der Spitze an nach abwärts gezählt.

messer) einen raschen Einschnitt von oben nach unten zu führen, so daß nur eines der kleinen lateralen Gefäßbündel angeschnitten wurde, wobei das Blatt, um Erschütterungen zu vermeiden, während des Schneidens mit der linken Hand leicht unterstützt wurde. Ein Gehilfe besorgte mittelst eines Federtasters den Stromschluß beim Einschneiden sowie die Stromöffnung bei beginnender Reaktion. Da die erzielten Resultate beträchtlichen Schwankungen unterworfen waren, änderte ich die Versuchsanordnung in der Weise ab, daß das Messer mit dem Taster kombiniert wurde. Auf den isolierten Griff des Messers wurde eine in den Stromkreis geschaltete Feder adjustiert, die im Momente des Schneidens durch den Druck des Daumens in Kontakt mit dem Rücken des gleichfalls eingeschalteten Messers gebracht wurde; beim Reaktionsbeginne wurde die Feder losgelassen und dadurch der Strom geöffnet.

Die aus jedem einzelnen Versuche ermittelten Zeitwerte sind auch in diesem Falle etwas zu groß, da das Einschneiden bis zur erfolgreichen Reizung einen gewissen, wenn auch noch so kurzen Zeitraum beansprucht. Bei Berechnung von c nach der oben abgeleiteten Formel käme dieser Fehler vollständig in Wegfall, wenn die zum Einschneiden erforderliche Zeit bei jedem Versuche die gleiche bliebe, was natürlich nicht vollkommen erreichbar ist. Immerhin zeigen die gefundenen Werte, wie sich aus der nachstehenden Tabelle ergibt, eine gute Übereinstimmung, was jedenfalls zugunsten der Brauchbarkeit dieser Versuchsanordnung spricht.

28. August vormittags: $T = 24{\cdot}2^0$ C. — Rel. Feucht. = 88%.

Pflanze	Blatt-Nr.	s in mm	t in Sek.
A	3	47	1·3
	4	50	1·15
	6	40	2·65
B	2*	20*	0·75*
	4*	41*	1·45*
	6	30	0·9
C	1	48	1·85
	2*	24*	1·1*
	3*	21*	1·0*

Zur Berechnung von c können die für B und C ermittelten Werte herangezogen werden, indem für s' und t' (ebenso wie in der ersten Tabelle auf pag. 401) die für die Reizung in geringerer Entfernung vom Hauptgelenk ermittelten, mit * bezeichneten Werte herangezogen werden.[1])

Es ergibt sich demnach:

Pflanze	Blatt-Nr.	s in mm	t in Sek.	Blatt-Nr.	s' in mm	t' in Sek.	$c = \frac{s}{t} - \frac{s'}{t'} \left(\frac{mm}{Sek.}\right)$
B	4	41	1·45	2	20	0·75	30
C	1	48	1·85	2	24	1·1	32
	1	48	1·85	3	21	1·0	31·7

Ist die Zahl der vergleichbaren Werte auch nur eine geringe, so ergibt sich daraus doch unzweifelhaft, daß bei dieser Art der Verletzung (Einschnitt in den Blattstiel) die Geschwindigkeit der Reizleitung im primären Blattstiel ganz beträchtlich höhere Werte erreicht als bei der sub *a*) angewendeten Verletzung.

c) Verletzung infolge Durchschneidens des Blattstieles.

Bei dieser Versuchsserie wurde die denkbar stärkste traumatische Reizung ausgeübt, indem der primäre Blattstiel mit scharfer Schere quer durchschnitten wurde. Eine anatomische Schere wurde zur Vermeidung von Erschütterungen mit ihrer oberen Schneide in einer Stativklemme befestigt und bis zur unmittelbaren Berührung des Blattstieles gesenkt, so daß der möglichst rasch geführte Schnitt von unten nach oben ging. Um die »persönliche Gleichung« verschiedener Beobachter auszuschalten, wurde mit der rechten Hand der Schnitt geführt, mit der linken gleichzeitig der Taster niedergedrückt. Nachstehende Tabelle gibt eine Anzahl von Versuchen wieder.

[1]) Während in der Mehrzahl der Fälle die für t gefundenen Werte innerhalb der oben angeführten Grenzen schwankten, erhielt ich in vereinzelten Fällen ganz unvermittelt extreme Werte (zum Beispiel einmal für $s = 51\ mm$; $t = 4$ Sek., ein anderesmal für $s = 16\ mm$; $t = 2{\cdot}15$ Sek.); ob diese ihre Erklärung in abnorm starken individuellen Schwankungen oder in Versuchsfehlern finden, ist nicht zu entscheiden. Jedenfalls halte ich es für geboten, sie nicht zur Berechnung von Mittelwerten zu benützen.

2. September: $T = 25{\cdot}8^0$ C. — Rel. Feucht. 87%.

Pflanze	Blatt-Nr.	s in mm	t in Sek.
A	3	54	0·6
	4	56	0·5
B	3	21	0·6
	5	58	0·5
	6	26	0·4
	7	58	0·65
	9	57	0·5
C	4	58	0·95
D	4	16	0·63

Bei dem, wie der erste Blick auf die erhaltenen Kurven zeigte, rapiden Ablauf der Reizung können die geringfügigsten Versuchsfehler[1]) das Resultat bereits wesentlich beeinträchtigen. Ich will daher vorsichtshalber aus den gefundenen Werten nur das Minimum der Reizleitungsgeschwindigkeit ermitteln, indem ich in die Formel $c = \frac{s-s'}{t-t'}$ für den Nenner den größten beobachteten Wert einsetze.

Ich lege daher aus obiger Tabelle folgende Werte der Berechnung zugrunde:

Pflanze	Blatt-Nr.	s in mm	t in Sek.	Pflanze	Blatt-Nr.	s' in mm	t' in Sek.	$c = \frac{s-s'}{t-t'} \left(\frac{mm}{Sek.}\right)$
B	7	58	0·65	B	6	26	0·4	128
C[2])	4	58	0·95	D	4	16	0·63	131

[1]) Man könnte vielleicht einwenden, daß die Blätter durch das Anschneiden verbogen wurden und daher das Hauptgelenk direkt durch Kompression gereizt wurde. Wie unten ausgeführt werden wird, sind jedoch die Reaktionszeiten bei direkter Reizung im Mittel wesentlich kleiner.

[2]) Ich vergleiche in diesem Falle ausnahmsweise die vierten Blätter zweier verschiedener, aber ganz gleich entwickelter Individuen.

Die über alles Erwarten große Leitungsgeschwindigkeit beträgt demnach sicher über 100 *mm* pro Sekunde und läßt alle bisherigen Angaben weit hinter sich.

Die drei Versuchsserien ergeben mithin folgende Resultate:

Serie *a*) Leitungsgeschwindigkeit im Mittel 7·47 $\left(\frac{mm}{Sek}\right)$

„ *b*) „ „ „ 31·2 „

„ *c*) „ „ Minim. 100 „

Diese Zahlen lassen deutlich die Abhängigkeit der Leitungsgeschwindigkeit von Art und Grad der Verletzung erkennen und lehren, daß die Reizleitungsgeschwindigkeit im primären Blattstiel von *Mimosa* unter Umständen ganz wesentlich größere Werte erreichen kann, als man bisher annahm.

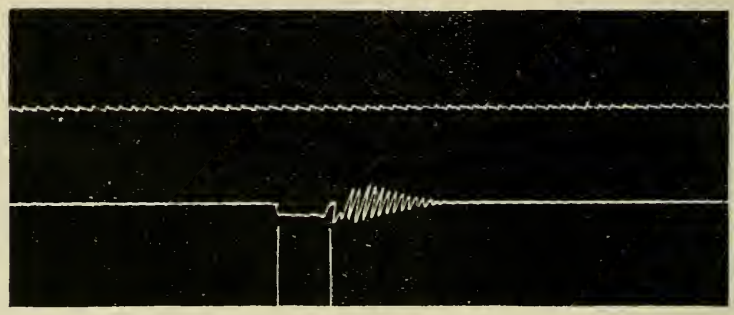
B. Reaktionszeit bei direkter und indirekter Reizung des Hauptgelenkes.

Zur Ermittlung der Reaktionszeit bei direkter Reizung des Hauptgelenkes, welche bisher meines Wissens niemals genauer untersucht wurde, bediente ich mich im wesentlichen derselben Versuchsanordnung, nur ersetzte ich den Wundreiz durch einen Stoßreiz. Da die Reaktion bekanntlich dem Stoß fast unmittelbar nachfolgt, bot es jedoch einige Schwierigkeit, dieses kurze Zeitintervall mit hinreichender Genauigkeit zu ermitteln, weshalb ich mich zu folgender Versuchsanordnung entschloß.

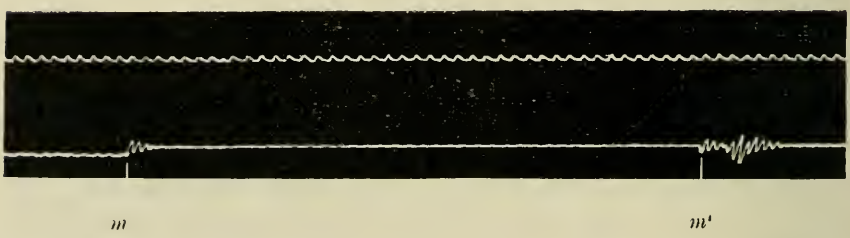
Eine Metallfeder (*a*), welche mit der Batterie in Verbindung stand, lag einer zweiten Feder (*b*) an, an deren freiem Ende außen ein »Korn« angelötet war. Zu Beginn des Versuches wurde die Vorrichtung auf einem Stativ so an die Unterseite des Hauptgelenkes herangeschoben, daß dieses direkt vom »Korn« berührt wurde. Die Feder *b* war in leitender Verbindung mit einem an einem Ende verbreiterten und um eine Rolle leicht drehbaren Metalldraht, welcher — nach allen Richtungen auf dem Stativ beweglich — sanft auf das zu prüfende ausgebreitete Blatt aufgelegt wurde. Auf diesem Draht saß ein nach Art der Reiter gebogenes Metallplättchen auf, welches durch einen Kupferdraht mit dem Schreiber 2 in Verbindung stand. Dieser war überdies direkt mit dem zweiten Pol der Batterie verbunden. Vor dem Versuche ist demnach der Stromkreis II geschlossen. Wird nun die Feder *a* zurückgebogen, so wird, da die basalen Teile beider Federn voneinander isoliert sind, der Strom geöffnet, so daß

1.

2



3.



Photogr. Wiedergabe einiger Beispiele erhaltener Kurvenbilder. (2 mal vergrößert) Die jeweilig obere Kurve stellt die »Zeitkurve« dar. (1 Kurvenzacke = $^1/_{40}$ Sek.) — m' m'' = Reaktionszeit. — 3. Kurvenbild bei vorzeitiger Lösung des Reiterkontaktes.

man am Kymographion eine Marke (m) erhält. Trifft die losschnellende Feder a auf b, so wird das Korn auf das Hauptgelenk gestoßen und gleichzeitig wieder der Strom geschlossen (Marke m') und zwar solange, bis mit dem Reaktionsbeginn sich das Blatt und der darauf ruhende Metalldraht sich senken, wodurch der »Reiterkontakt« unterbrochen wird (Marke m''). Einige Beispiele derartig erhaltener Kurven

sind aus nebenstehender Figur zu ersehen. Einige Schwierigkeit bereitete nur der letztgenannte Kontakt zwischen Metalldraht und Reiter, der sich oft schon bei der leisesten Erschütterung vorzeitig löste, was sogleich an der Form der Kurve erkennbar war (vgl. Fig. 3 *m'*). Dieser Übelstand wurde dadurch beseitigt, daß an die obere Kante des Reiters eine Spiralfeder aus feinem Messingdraht angelötet und eine entsprechende Einrichtung getroffen wurde, um diese Vorrichtung durch eine Schraube senken zu können; der Reiter wurde nun so tief gesenkt, daß er durch die Feder leicht gegen den Metalldraht gedrückt wurde, so daß infolge der Federung der Kontakt trotz eventueller geringer Erschütterungen erhalten blieb, wovon ich mich vor jedem Versuche wiederholt überzeugte. Die auf diesem Wege ermittelte Reaktionszeit ist daher höchstens etwas zu groß, indem sich infolge der Federwirkung der Kontakt nicht sofort mit Eintritt der Senkung löste. Da ich aber den Reiter stets solange senkte, bis der Kontakt markiert wurde, und hierauf die Schraube noch um zirka einen Umgang anzog, um die erforderliche Federung herzustellen, betrug der Zeitfehler nur soviel, als das Blatt, beziehungsweise der Metalldraht benötigte, um sich um die Höhe eines Schraubenganges, das ist weniger als 1 *mm*, zu senken, ein Fehler, der jedenfalls unbedenklich vernachlässigt werden kann.

Ich stelle in der nachfolgenden Tabelle die Versuchsergebnisse zusammen. Vorausschickend bemerke ich hierzu, daß sämtliche Versuche in einem gut ventilierten, hellen Warmhause durchgeführt wurden; eine direkte Insolation der Pflanzen wurde stets vermieden.

Datum	*T* (° C)	Relative Feucht.	Pflanze	Blatt-Nr.	Reaktionszeit (Sek.)	Bemerkungen
2. August, 4 Uhr 30 Min. bis 5 Uhr 30 Min. p. m	23·4	97				heller, heißer Tag
			A Pflanze mit 9 Blättern, davon 3 vierzählig	1	0·07	
				1	0·13	2.mal gereizt
				3	0·13	2zähliges Blatt
				4	0·55	3.mal gereizt
				1	0·13	
				2	0·20	2. „ „
				3	0·21	
			B Pflanze mit 9 Blättern, davon 3 vierzählig	1	0·17	
				2	0·15	
				3	0·10	
				4	0·30	2zähliges Blatt
				2	0·18	2.mal gereizt
				Im Mittel	0·19	

Datum	T (° C)	Relative Feucht.	Pflanze	Blatt-Nr.	Reaktionszeit (Sek.)	Bemerkungen
3. August, 4 Uhr bis 5 Uhr p. m.	23·6	88	*C*			heller, heißer Tag
			Pflanze mit Seitentrieb; 13 Bl., 4 vierzähl. Bl. am Haupttrieb	1	0·20	
				2	0·19	
				1	0·22	
			D			
			Annähernd gleich kräftige Pflanze mit 9 Bl.	1	0·08 (?)	
				1	0·58	„ „ „
				Im Mittel	0·25	
5. August, 2 Uhr bis 3 Uhr 30 Min. p. m.	26·4	90	*E*			heißester Tag des Jahres
			Pflanze mit 10 Blättern, davon 4 vierzählig	3	0·17	
			F			
			Pflanze mit 9 Blättern, das jüngste noch nicht völlig entwickelt, 4 vierzählige Bl.	1	0·08	
				3	0·17	
			G			
			Pflanze mit 8 Blättern, drei- bis vierzählig	1	0·10	
				3	0·16	
				1	0·11	2. mal gereizt
				Im Mittel	0·13	
18. Aug.	19·4	98				Regentag
			8blätterige Pflanze	1	0·08	
				2	0·40	eben ausgewachsenes Blatt
				3	0·14	
			H			
			11blätterige Pflanze	2	0·36	
				x	0·25	
				Im Mittel	0·25	

Aus der vorstehenden Tabelle ergibt sich zunächst für die Versuche der drei ersten Tage, welche unter sehr günstigen äußeren Verhältnissen durchgeführt wurden, die überraschend kurze Reaktionszeit von im Mittel 0·19 Sekunden. Die Mimose übertrifft

auch in dieser Beziehung alle übrigen bisher daraufhin untersuchten Pflanzen. Überdies zeigt sich, daß die Reaktionszeit der Versuchspflanzen auffallend geringen individuellen Schwankungen unterworfen ist. Vergleicht man das Ergebnis des bei ungünstigen Witterungsverhältnissen durchgeführten Versuches vom 18. August mit dem am 5. August erzielten, so scheint daraus hervorzugehen, daß durch ungünstige äußere Faktoren die Reaktionszeit im Mittel erhöht wird (0·25 Sekunden gegenüber 0·13 Sekunden).

Um diese letztere Tatsache genauer zu prüfen, wurde eine Serie von Pflanzen in einen mäßig hellen Gang übertragen, in welchem die Luftfeuchtigkeit einen wesentlich geringeren Grad als im Warmhause erreichte. Nach 24 Stunden ergab sich folgendes Resultat:

Datum	T (° C)	Relative Feucht.	Pflanze	Blatt-Nr.	Reaktionszeit (Sek)	Bemerkungen
			J			
5. August, 10-12 Uhr a. m.	24·2	72	9 Bl.; die 3 ältest. verkümmert, 4 vierzählig	1 1 2	0·32 0·55 0 80	2 mal gereizt
			K			
			8 Bl.; jüngstes unausgewachs., 4 vierzählig	2	0·22	
			L			
			12 Bl.; jüngstes noch unentwickelt, 5 vierzählig	3	0·10	
			M			
			13 Bl.; jüngstes unausgewachs., die 4 ältesten verkümmert	2	0·17	
	25·4	75	*K*	1 3	0·52 0·25	
			J	2	0·22	2. mal gereizt
				Im Mittel	0 35	

Wieder ergibt sich im Mittel eine Verlängerung der Reaktionszeit auf 0·35 Sekunden.

Ein Teil der Pflanzen wurde nun an eine noch dunklere und kühlere Stelle gebracht, an welcher allerdings die Luftfeuchtigkeit infolge der zahlreichen hier befindlichen Aquarien eine ansehnliche Höhe aufwies.

Nach zirka einer Woche hatten die Pflanzen bereits sichtlich stark gelitten; ein Teil der Blätter war mehr oder minder stark vergilbt; die Reizausbreitung ging selbst bei verhältnismäßig starker Verletzung des Endblättchens nur über geringe Strecken vor sich und ergriff nie das ganze Blatt. Auffällig war das der Zeit und Stärke nach ungleichmäßige Reagieren der konsekutiven Blättchenpaare, von welchen manche ganz übersprungen wurden. Auch pflegte auf eine erfolgreiche Reaktion nur ein langsamer und ungleichmäßiger Rückgang in die Ruhelage zu folgen. Immerhin gelang es an einigen intakt gebliebenen oder wenig vergilbten Blättern einen Versuch durchzuführen.

Datum	T (°C)	Relative Feucht.	Pflanze	Blatt-Nr.	Reaktionszeit (Sek.)	Bemerkungen
			K	2	0·25	
			N			
12. Aug.	21·0	84	10 blättrige Pflanze	2	0·25	
			J	4	0·10	Bl. zu $^1/_4$ vergilbt
				5	0·22	
				Im Mittel:	0·21	

Leider ist die Zahl der Versuche nicht hinreichend, um ein abschließendes Urteil zu gestatten. Ob die in diesem Falle auffällig kurze Reaktionszeit vielleicht auf die stärkeren in Anwendung gebrachten Stöße oder auf andere Verhältnisse zurückzuführen ist, müssen erst weitere Versuche entscheiden. Es bleibt auch zu prüfen, wie sich vom Anfange an unter ungünstigen Verhältnissen gezogene Pflanzen bezüglich ihrer Reaktionszeit verhalten.

Zum Schlusse möchte ich in Kürze noch auf die Beziehung zwischen Reaktionszeit bei direkter Reizung des Hauptgelenkes und Latenzzeit hinweisen. Wir bezeichnen mit Latenzzeit jene Zeit-

dauer, welche erforderlich ist, um die der Reaktion entgegenstehenden inneren Widerstände zu beseitigen, die — mit anderen Worten — nach der Übermittlung des Impulses bis zum Beginne der sichtbaren Reaktion verstreicht (Fitting). In diesem Sinne ist die Latenzzeit offenbar identisch mit der Reaktionszeit des Hauptgelenkes bei indirekter Reizung und es erhebt sich daher die Frage, ob diese mit der Reaktionszeit bei direkter Reizung übereinstimmt. Aus der einleitend auseinandergesetzten Formel $t = \frac{s}{c} + l$ folgt unmittelbar $l = t - \frac{s}{c}$. Bei der Reizung durch erhitzten Draht setzt sich — es wurde dies eingangs der Einfachheit halber nicht erwähnt — der Wert l zusammen aus der eigentlichen Latenzzeit l_1 und dem Zeitraum, welcher verstreicht vom Beginne der Erhitzung bis zur wirksamen Reizung (l_2). Je kleinere Werte l_2 erreicht, desto genauer entspricht $t - \frac{s}{c}$ der Latenzzeit. Dies dürfte annähernd der Fall sein bei den in den Tabellen auf pag. 403 und pag. 404 zusammengestellten Werten. Die Rechnung ergibt unter Zugrundelegung der dort mitgeteilten Daten für l

0·08
0·35
0·34 } vgl. Tabelle auf pag. 403,

0·20
0·51 } " " " " 404.

Wie man sieht, schwanken die erhaltenen Resultate durchaus innerhalb derselben Grenzen, zwischen welchen sich auch die Reaktionszeiten bei direkter Reizung des Hauptgelenkes bewegten, mit anderen Worten: es scheinen die Reaktionszeiten des Hauptgelenkes bei direkter und indirekter Reizung annähernd übereinzustimmen.

Über das Vorkommen von Cystolithen bei Klugia zeylanica

von

Karl Fritsch (Graz).

Mit 3 Figuren im Text.

Eingelangt am 17. Oktober 1907.

Die Zahl der Pflanzenfamilien, bei welchen Cystolithen bekannt sind, ist keine große. Speziell unter den Tubifloren ist in erster Linie die Familie der Acanthaceen durch das außerordentlich häufige Vorkommen von Cystolithen ausgezeichnet. In dieser Familie ist die Mannigfaltigkeit in der Ausbildung und Verteilung der Cystolithen eine so große, daß Hobein[1]) eine ganze Anzahl von Typen unterscheiden konnte. Der genannte Autor fand, daß bei den Acanthaceen die Cystolithen gute Merkmale zur Gruppierung der Gattungen abgeben. Unter den übrigen Tubifloren sind noch typische Cystolithen bei den Borraginaceen[2]) und bei *Phlox*[3]) beobachtet worden, während bei einigen Hydrophyllaceen, Verbenaceen und Scrophulariaceen cystolithenartige Bildungen in den Trichomen und deren Nebenzellen gefunden wurden.

Unter den Gesneriaceen waren Cystolithen bisher unbekannt. Ich war deshalb sehr überrascht, als mir Fräulein B. Bennesch, welche gegenwärtig unter meiner Leitung über Blattanatomie der Gesneriaceen arbeitet, Präparate von den Blättern der *Klugia zeylanica* (R. Br.) Gardn. zeigte, in welchen typische Cystolithen zu sehen waren. Diese erwiesen sich als reichlich mit kohlensaurem Kalk inkrustiert, wie das ja den meisten Cystolithen eigen ist.

---

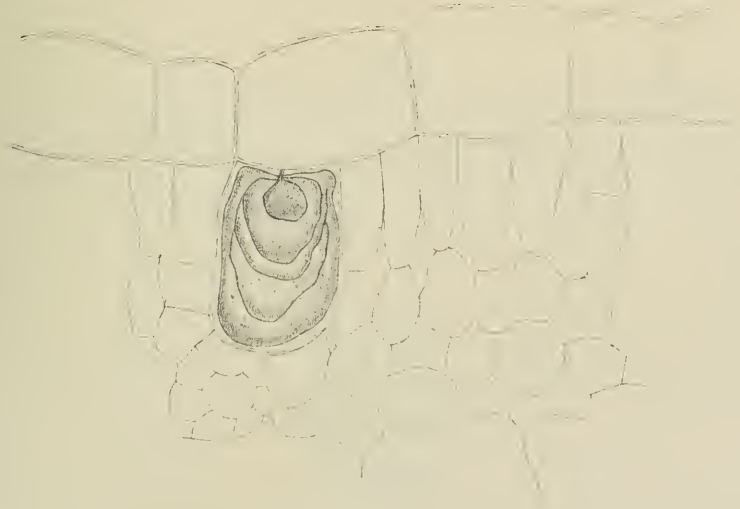
[1]) M. Hobein: »Über den systematischen Wert der Cystolithen bei den Acanthaceen«. Botan. Jahrbücher, V, pag. 422—440 (1884).

[2]) Mez: »Morphologische und anatomische Studien über die Gruppe der *Cordieae*«. Botan. Jahrbücher, XII, pag. 526–588 (1890).

[3]) Greenish in Pharm. Journ. and Transact. 1891, pag. 839—840 (nach Solereder).

Die Cystolithen sind in allen Blattquerschnitten von *Klugia zeylanica* reichlich zu finden. Sie kommen in allen Schichten des Blattes vor, jedoch zumeist in unmittelbarer Nähe der Epidermis oder in dieser selbst. Ihre Gestalt ist nicht konstant, aber gewöhnlich unregelmäßig knollenförmig, selten so ausgeprägt traubig-warzig wie bei den bekannten Cystolithen der *Ficus*-Arten. Das Stielchen, welches sie an der Zellwand befestigt, ist meist der Außenfläche des Blattes zugewendet, also bei den in der oberen Epidermis und in der Palisadenschicht vorkommenden Cystolithen nach oben, bei den dem Schwammparenchym der unteren Epidermis eingelagerten nach unten. Jedoch kommen auch seitlich befestigte Cystolithen nicht selten vor.

Die beigegebenen Figuren, welche von Fräulein Bennesch gezeichnet wurden, stellen verschiedene beobachtete Fälle dar. Alle gezeichneten Präparate wurden von Alkoholmaterial hergestellt und in Glyzerin beobachtet (also nicht mit Säuren behandelt). Figur 1 zeigt den sehr häufigen Fall, daß der Cystolith zwischen den



Figur 1.

Palissadenzellen liegt. Die betreffende Zelle übertrifft die benachbarten Zellen bedeutend an Größe, ist chlorophyllfrei und fast ganz durch den Cystolithen ausgefüllt. Das Stielchen ist gegen die Epidermis gewendet. Die Schichtung des Cystolithen ist keineswegs immer so deutlich zu sehen wie in dem dargestellten Falle.

Häufig ist nur eine periphere Schicht von einem stärker lichtbrechenden »Kern« deutlich unterscheidbar.

Figur 2 stellt einen in der unteren Epidermis liegenden Cystolithen dar. Die betreffende Epidermiszelle ist bedeutend größer als die übrigen und springt stark nach innen vor, die Zellen des Schwammparenchyms auseinanderdrängend. Hier sind

Figur 2.

noch zahlreichere Schichten sichtbar. Das Stielchen ist an der Außenwand befestigt. Die Lagerung der Cystolithen in der unteren Epidermis ist oft zu beobachten, während ihre Lage in der oberen Epidermis nur ausnahmsweise vorzukommen scheint.

Figur 3.

Figur 3 zeigt einen im Bereiche des Schwammparenchyms liegenden Cystolithen. Dieser zeigt keine deutliche Schichtung, wie es sehr oft der Fall ist. Das Stielchen ist auch hier wieder nach unten, beziehungsweise außen gewendet.

Es ist nicht ohne Interesse, den Befund bei *Klugia zeylanica* mit den Angaben Hobeins über die Cystolithen der Acanthaceen zu vergleichen. Bei der überwiegenden Mehrzahl der cystolithenführenden Acanthaceen finden sich die Cystolithen nur in der Epidermis des Blattes und niemals im subepidermalen Gewebe. (Dasselbe gilt auch von den Borraginaceen.) Bei *Klugia* dagegen kommen sie in und unter der Epidermis vor. Die Entwicklung der cystolithenführenden Zellen ist allerdings noch nicht untersucht; es ist nicht ausgeschlossen, daß sie trotz ihrer oft subepidermalen Lage doch stets aus dem Dermatogen hervorgehen. Jedenfalls aber liegt in der geschilderten wechselnden Lagerung der *Klugia*-Cystolithen ein Unterschied gegenüber den Acanthaceen. Übrigens muß erst erforscht werden, ob noch andere Gesneriaceengattungen Cystolithen führen und ob auch bei diesen die Lagerung der Cystolithen dieselbe ist wie bei *Klugia*.

Man könnte versucht sein, wegen des Vorkommens von Cystolithen im Blatte von *Klugia zeylanica* an eine Verwandtschaft dieser Gattung oder der Cyrtandroideen überhaupt mit den Acanthaceen zu denken. Dafür würde auch die extreme Anisophyllie sprechen, welche sowohl bei *Klugia* und anderen Gesneriaceen [1]), als auch bei Acanthaceen (*Strobilanthes* und anderen) vorkommt. *Klugia* ist außerdem durch eine anomale Anordnung der Gefäßbündel im Stengel ausgezeichnet [2]), und auch bei *Acanthus* kommen markständige Gefäßbündel vor [3]). Der ganz verschiedene Bau des Gynoeceums verbietet aber die Annahme einer engeren Verwandtschaft zwischen Gesneriaceen und Acanthaceen. Daß alle Tubiflorenfamilien untereinander Beziehungen haben, ist ja ohnedies nicht zu bezweifeln.

Wir kennen jetzt in der Familie der Gesneriaceen dreierlei Arten der Ablagerung von kohlensaurem Kalk. Zuerst wurden von

---

[1]) Vergleiche Fritsch: »Die Keimpflanzen der Gesneriaceen«, Jena 1904, pag. 98—116.

[2]) Hollstein: »Über den Gefäßbündelverlauf im Stamme der Gesneriaceen«. Inaug.-Diss., Halle 1878.

[3]) Vergleiche J. E. Weiß im Botan. Zentralblatt, XV, pag. 322 - 325 (1883).

Rechinger[1]) die eigenartigen Gliederhaare mit starren, sehr stark verdickten Zellwänden genauer untersucht, welche bei *Smithiantha* und zahlreichen anderen Gesneriaceen vorkommen. Die Untersuchung ergab, daß in diese Verdickungsschichten der Zellmembranen, welche mitunter das ganze Lumen der Endzelle des Haares ausfüllen, hauptsächlich kohlensaurer Kalk und daneben auch Kieselsäure eingelagert ist. Später fand ich[2]) bei *Monophyllaea Horsfieldii R. Br.* Drüsen in der Epidermis, welche kohlensauren Kalk nach außen abscheiden, so daß die ganze Pflanze von Kalkschüppchen bedeckt wird. Nun kommen als dritte Form der Ausscheidung von kohlensaurem Kalk die Cystolithen von *Klugia zeylanica* dazu.

Es ist nicht ohne Interesse, daß *Klugia zeylanica*, bei welcher der kohlensaure Kalk in den Cystolithen abgelagert wird, Gliederhaare mit ganz dünnen Wänden besitzt. Bei *Monophyllaea Horsfieldii* haben die Gliederhaare zwar verdickte Membranen, aber sie sind stark reduziert und höchstens zweizellig. Es dürfte hiernach eine gewisse Korrelation zwischen kalkeinlagernden Trichomen, Kalkdrüsen und Cystolithen bestehen.

[1]) K. Rechinger: »Vergleichende Untersuchungen über die Trichome der Gesneriaceen«. Österr. botan. Zeitschrift, 1899, pag. 89 ff.

[2]) »Keimpflanzen der Gesneriaceen«, pag. 52.

Coreopsis tinctoria var. prolifica: eine unzweckmäßige Mutation

von

M. Raciborski (Dublany).

Eingelangt am 14. Oktober 1907.

Coreopsis tinctoria Nutt., eine einjährige nordamerikanische Composite, wird häufig in den Blumengärten gezogen und auch verwildert angetroffen. Sie ist in mehreren Abarten vorhanden; außer der gewöhnlichen, hohen Form mit gelb berandeten Zungenblüten sind auch Zwergformen, Formen mit braunen Zungenblüten, mit röhrenförmigen Randblüten sowie auch mit zungenförmigen Innenblüten in Kultur. Eine merkwürdige Anomalie der Verzweigung hat bei dieser Art Al. Braun (Verhandlungen des bot. Vereines d. Prov. Brandenburg, 1870) beobachtet und beschrieben, nämlich die Bildung zahlloser Adventivsprosse an den Stengelinternodien sowie auf der Unterseite der Blätter.

Unter den Exemplaren, die in Dublany bei Lemberg in den Gärten verwildert auftraten, habe ich schon vor vier Jahren einige solche angetroffen, welche mit den von Al. Braun beschriebenen vollständig übereinstimmten. Die Pflanzen waren wegen ihrer epiphyllen Sprosse sowie ihrer regellos ohne Anschluß an die normalen Seitenorgane angelegten Adventivsprosse des Stengels einer näheren Untersuchung würdig, wobei sich herausgestellt hat, daß dieselbe einer erblichen, wenn auch unzweckmäßig gebauten Mutation angehören.

Die Samen einer stark anomalen Pflanze von niedrigem Wuchs und mit braunen Zungenblüten lieferten 84 Pflanzen. Von diesen zeigen elf keine adventive Sprosse, während die übrigen zahlreiche derselben bilden. Zwischen den letzten befinden sich neben niedrigen auch hohe, zwischen den meisten braun blühenden auch gelb berandete.

Die Samen einer anderen hohen gelb berandeten Pflanze,

welche nicht besonders viele adventive Sprosse trug, lieferten 420 Pflanzen. Von diesen waren 404 anormal, manche derselben bildeten sehr zahlreiche Sprosse an den Internodien und Blättern, andere dagegen nur sehr spärliche oder kaum deutlich sichtbare. Durch diese Keimversuche ist die Erblichkeit der Anomalie bewiesen, und wenn nicht alle Samen einer anomalen Pflanze anomale Nachkommen liefern, so hat man es mit einem Vizinismus zu tun, wie solcher in Kulturen anderer Varietäten des *Coreopsis* bekannt ist (de Vries, Arten und Varietäten, 1906, 121). Auch ohne künstliche Aussaat finde ich unter den verwilderten Exemplaren des *Coreopsis* in Dublany in den letzten Jahren immer auch anomale. Ich bezeichne der Kürze halber unsere in so hohem Grade teratologische Mutation mit dem Namen *var. prolifica.*

Die normalen Pflanzen konnte ich zur Prolifikation nicht zwingen. Im Jahre 1906 habe ich *Coreopsis*-Samen verschiedener Provenienz (aus etwa 20 verschiedenen botanischen und Handelsgärten) ausgesät, doch keine anomalen Pflanzen dazwischen gefunden. Auch durch Abschneiden der Blütenstiele, durch Verwundungen, durch Kultur auf gut gedüngtem Boden ist dieselbe nicht hervorzurufen.

Die adventiven Sprosse der Mutanten bilden sich, wie schon Al. Braun beschrieben hat, auf der Unterseite der Blätter und auf den Internodien. Ihre Zahl wie auch ihre Ausbildung wechselt in weiten Grenzen. Es gibt zum Beispiel einzelne Internodien, auf welchen dicht nebeneinander gedrängt Hunderte der kleineren oder größeren Sprosse stehen, es gibt andere Pflanzen, an welchen nur einzelne derselben zu finden sind. Auf den Blättern treten sie gewöhnlich an der Mittelrippe der Blattunterseite, weniger häufig auf den Blatträndern, sehr selten auf der Oberseite derselben in der Nähe des Randes auf. Besonders die unteren und mittleren Blätter einer Pflanze tragen die epiphyllen Sprosse und werden dadurch sogar stark zurückgekrümmt und deformiert.

Die Bildung der adventiven Sprosse erfolgt später als die der normalen Seitenorgane der Pflanze auf schon bedeutend gestreckten Internodien. Infolgedessen entstehen sie auch ohne gegenseitigen sowie ohne Anschluß an die normalen Primordien der Pflanze. An den betreffenden Stellen fangen die subepidermalen Periblemzellen an sich zu teilen, ihnen folgen die Epidermzellen mit Bildung neuer Radiärwände sowie auch die tiefer liegenden Zellen, welche endlich die zum Anschluß der Gefäßbündel nötigen Zellteilungen

ausführen. Zeitlich sind zuerst die Zellteilungen der subepidermalen Periblemschicht sichtbar, während die zum Anschluß der Gefäßbündel nötigen der tieferliegenden Zellen erst nachträglich folgen.

Die so angelegten Primordien wachsen verschieden stark. Manche, besonders an den unteren Internodien, werden endlich zu großen, reich verzweigten und reich blühenden Seitenästen, andere bilden nur wenige schmale Blätter, andere ohne Laubblätter zu bilden entwickeln sich zu einem gestielten Blütenköpfchen aus, andere endlich bilden weder Blätter noch Blüten, sondern bleiben als schmale 1—3 *mm* hohe Emergenzen in der Entwicklung zurück. Zwischen den erwähnten Stadien sind alle Übergänge zu finden, anderseits ist es leicht mit Hilfe der Düngung oder durch Zurückschneiden der normalen Blütenknospen die jungen Adventivknospen zu üppigem Wachstum anzuregen.

In allen der beschriebenen Fälle entwickeln sich die adventiven Sprosse ohne Anschluß an die Deckblätter an schon gestreckten Internodien oder auf der Fläche der Blattlamina, und so erscheinen die adventiven Vegetationspunkte ganz nackt, jeder Bedeckung vor Entwicklung der ersten seitlichen Primordien ermangelnd. Es ist mir bei den phanerogamen Pflanzenarten sonst kein Fall ähnlich schutzlos wachsender Vegetationsspitzen bekannt. Möglicherweise ist die bedeutende Zahl der ihr weiteres Wachstum sistierenden Emergenzen zum Teil dadurch verursacht; die meisten entwickeln sich jedoch trotzdem freudig weiter.

Eine Regelmäßigkeit in der Anordnung der adventiven Sprosse ist weder in der seitlichen oder longitudinalen Richtung zu bemerken. Höchstens kann konstatiert werden, daß dieselben die oberhalb der primären Gefäßbündel liegenden Orthostichen bevorzugen. In der Bildung der ersten seitlichen Primordien, welche wie gesagt den Mangel irgend eines Anschlusses sehr gut demonstrieren, läßt sich dagegen in den meisten Fällen eine Regelmäßigkeit erblicken, indem die beiden ersten Blattprimordien median und gegenüber, und zwar eines vorn, das andere hinten, gebildet werden. Nicht immer entwickeln sich diese ersten Vorblätter der adventiven Sprosse gleich stark, häufig wächst das hintere etwas stärker als das vordere. Die weiteren Blattprimordien erscheinen schon gewöhnlich regelmäßig, kreuzständig.

Mir scheint die beschriebene Mutation unzweckmäßig gebaut zu sein. Zwar sichern die adventiven Sprosse der Pflanze die Bildung der Blütenköpfe auch nach dem eventuellen Verluste der

normal angelegten, doch erscheinen diese Sprosse zunächst ganz ungeschützt und dabei ganz regellos, häufig in solcher Überzahl, daß es zu einer Raumunmöglichkeit wird, daß alle oder nur wenigstens die Hälfte desselben bis zur Bildung der Blüten fortwachsen können. Die meisten müssen früher zugrunde gehen oder ihr Wachstum sistieren, wobei zu häufig die tragenden Internodien verunstaltet und gekrümmt werden.

An manchen Stellen der Internodien werden die Zellteilungen sehr spät eingeleitet und in solchen Fällen kommt es trotz intensiver Neubildung der Zellen gar nicht zur Bildung erhobener Primordien. Solche Fälle sind noch insoweit von den früher beschriebenen different, als die Epidermzellen dann nicht nur radiär, sondern auch tangential sich teilen, die Tochterzellen der Peridermzellen wachsen nach erfolgten Teilungen nicht mehr, sondern bleiben klein als dichte Pakete in der nicht vergrößerten Mutterzelle liegend. In solchen Fällen ist, um die anderswo benützte Terminologie zu benützen, das Bewegungswachstum sistiert, trotz des induzierten meristischen Wachstums (Raciborski: »Über Schrittwachstum der Zelle«, 1907).

Während bei normalen Pflanzen die Zellen der Dauergewebe infolge korrelativer Einflüsse nicht mehr teilungsfähig sind, ist bei der prolifizierenden Mutation dieser hemmende innere Einfluß abgeschwächt und verursacht die Bildung teratologischer, zum guten Teil unnützer Neubildungen. Da die erwähnte innere Ursache erblich ist, so betrachte ich trotz der bedeutenden Unregelmäßigkeiten in der Anordnung und Zahl der prolifizierenden Sprosse die beschriebene »teratologische« Pflanze als eine Mutation. Schon vor Jahren habe ich aus Anlaß der Untersuchung einer teratologischen Abart des *Lamium album*[1]) geschrieben: »Die Entstehung beständiger teratologischer Formen ist der Entstehung der normalen Arten homolog.«

Die Samen des Mutanten verteilt der botanische Garten in Dublany bei Lemberg.

[1]) Sitzungsberichte der Akademie in Krakau, Bd. XVII, pag. 19, 1888.

Über photochemische Induktion bei der Anthokyanbildung

von

Ludwig Linsbauer (Wien).

Mit Tafel XVIII und XIX und 1 Textfigur.

Eingelangt am 17. Oktober 1907.

Daß ich gerade vorliegende Studie als anspruchslosen Beitrag zu dieser Festschrift publiziere, hängt mit den inneren Beziehungen zusammen, welche zwischen ihr und einem bestimmten Problem bestehen, das der Jubilar selbst vor langen Jahren bearbeitet hat; ich meine Wiesners Untersuchungen über die Entstehung des Chlorophylls (Wien, 1877), in welchen dieser Prozeß in seiner Abhängigkeit vom Lichte eingehend nach allen Seiten dargelegt und als photochemischer Induktionsvorgang charakterisiert worden ist.

Auch ich habe in den folgenden Zeilen einen photochemischen Vorgang zum Gegenstande des Studiums gemacht, mich dabei aber hier nur auf einen bestimmten kleinen Teil des Fragekomplexes beschränkt, nämlich auf die Abhängigkeit des ersten Eintrittes der Anthokyanbildung von Beleuchtungsstärke und Beleuchtungsdauer. Daß die im Lichte erfolgende Bildung des roten Farbstoffes bei *Fagopyrum*-Keimlingen eine Induktionserscheinung ist, darauf hat schon Batalin (in Acta horti petropolitani 1879) hingewiesen, natürlich ohne die Anthokyanbildung vom Standpunkte der Reizphysiologie aus zu betrachten.

Die mir nur sehr spärlich und mit großen Unterbrechungen zugemessene freie Zeit möge zur Erklärung der vielen Lücken der Untersuchung dienen. Ich hoffe, sie in der Zukunft ausfüllen zu können.

Ich habe die erforderlichen Versuche in der biologischen Versuchsanstalt in Wien (Prater) durchgeführt und benütze die Gelegenheit, deren Leitern für die Ermöglichung meiner Experimente

durch Überlassung der Dunkelkammer etc. hiermit auf das beste zu danken.

Ich gehe gleich zur Methodik der Versuche über.

Die Versuchspflanzen — Dunkelkeimlinge von *Fagopyrum esculentum* — wurden bei Kerzenlicht oder dem Lichte einer entfernt stehenden Glühlampe[1]) zu mehreren in einen Topf pikiert und darin bis zu bestimmter Höhe im Finstern anwachsen gelassen. Vor Beginn des Versuches wurden sie auf einem langen Tische in geräumiger Dunkelkammer in vorher gemessenen Abständen vor einer elektrischen Bogenlampe aufgestellt, welche später als Lichtquelle zu dienen hatte. Einmal in Tätigkeit hatte diese sich selbst regulierende Bogenlampe ohne Kohlenwechsel eine kontinuierliche Brenndauer von etwa zehn Stunden. Um den schädlichen Einfluß der ziemlich bedeutenden Wärmeentwicklung der Lampe zu eliminieren, wurde eine große Küvette, welche stündlich gewechseltes Wasser in etwa 5 *cm* dicker Schicht enthielt, vorgeschaltet. Diejenigen Pflanzen, bei welchen Anthokyanbildung nicht an Ort und Stelle, sondern als Nachwirkung beobachtet werden sollte, wurden nach einer bestimmten Expositionsdauer mit Hilfe eines großen schwarzen Blechsturzes auf einem Nachbartische völlig verdunkelt. Um zu erkennen, ob bereits Rötung zu beobachten sei, wurden die Pflanzen in sehr schwachem diffusen Tageslichte während einiger Sekunden in bezug auf ihre Färbung geprüft, nötigenfalls mit stets dunkel gehaltenen, also ganz farblosen Kontrollkeimlingen verglichen.

Es ist nun oft sehr schwer, den Beginn der Rötung, besser gesagt einer Verfärbung, zu konstatieren, da die Intensität derselben zunächst sehr gering ist und der eventuell zu beobachtende Farbenton nicht blaßrot oder auch nur rosa ist, sondern einen eigentümlichen, etwa gelblichgrauen Schatten darstellt, mit dem der Stengel überhaucht ist. Diese Farbennuance habe ich im folgenden als »Hauch« bezeichnet und habe gefunden, daß man letzteren noch am besten wahrnimmt, wenn man die Keimlingsstengel nicht von vorn, sondern ihrer ganzen Höhe entlang, in verkürzter Ansicht von oben her betrachtet. Dadurch schieben sich gewissermaßen die Oberflächenelemente der beleuchtet gewesenen Vorderseiten zusammen und die Verfärbung tritt dadurch deutlicher hervor. In besonders zweifelhaften Fällen ist außerdem stets eine farblos,

[1]) Dieses Licht reichte bei weitem nicht aus, Anthokyanbildung zu induzieren.

richtiger glänzendweiß gebliebene Kontrollpflanze zum Vergleiche heranzuziehen.

Selbstverständlich bedeuten die auf solche Weise, makroskopisch also, ermittelten Zeitwerte nicht den Beginn der Anthokyanbildung überhaupt. Näher dem ersten Moment derselben würde man durch spektroskopische Untersuchung einer jeweils viel größeren Anzahl von beleuchteten Pflänzchen gelangen, als ich zu meinen Versuchen verwendete. Es wird dadurch aber kaum viel anderes erreicht werden, als daß die Grenze für die Präsentationszeiten etwas herabgedrückt würde; für die an sich schon hohen Reaktionszeitwerte ergäbe sich relativ wohl keine sehr beträchtliche Änderung und die im nachfolgenden kurvenmäßig dargestellte Abhängigkeit der Anthokyanbildung von Beleuchtungsstärke und -dauer dürfte wohl vermutlich in den Einzelwerten, nicht aber im Gesamtbilde ihres Verlaufes wesentlichere Verschiebungen erfahren. Dazu wäre weiters noch zu bedenken, daß der tatsächlich erste Moment der Anthokyanbildung sich gar nicht notwendigerweise in sichtbaren Stoffveränderungen manifestieren muß, demnach als Farbenveränderung meiner Meinung nach überhaupt nicht zu sichtbarem Ausdrucke zu gelangen braucht. Wir kennen ja auch in diesem Falle nicht annähernd die Glieder der gesamten Reizkette und die oben erwähnte Entstehung eines schattenähnlichen »Hauches« ist offenbar nur eine der frühesten sichtbaren »Vorstufen« der eigentlichen Anthokyanbildung. Im übrigen darf wohl darauf verwiesen werden, daß ja auch z. B. bei helio- oder geotropischen Reizstudien in der Regel makroskopische Beobachtung ausgeübt worden ist und die daraus abgeleiteten Schlüsse zu sehr interessanten und wichtigen Ergebnissen geführt haben.

Die zu meiner Verfügung stehende Bogenlampe entwickelte außerordentlich viel Ozon. Ich kann nun nicht angeben, ob und welchen Einfluß dieses auf die Rötung hatte. Daß eine Einwirkung ozonhaltiger Luft nicht ausgeschlossen ist, daran kann man nach den neueren Untersuchungen über die Wirkungen der Laboratoriumsluft, speziell nach Richters letzten Beobachtungen (Medizin. Klinik 1907, Nr. 34) über die Einwirkung verschiedener Gase auf Anthokyanbildung, kaum zweifeln. Doch konnte ich vorderhand diesen Faktor noch nicht eliminieren. Ich hoffe aber Gelegenheit zu haben, durch Anwendung einer anderen Lichtquelle es zustande zu bringen.

Um besser vergleichbare Werte zu erhalten, trachtete ich ver-

schiedene Beleuchtungsintensitäten, durch variierte Entfernung der Versuchspflanzen von der Lichtquelle erhalten, zur selben Zeit auf die Pflanzen einwirken zu lassen, um Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse und ihre Schwankungen wenigstens für Pflanzen derselben Versuchsreihe möglichst gleichmäßig zu gestalten. Indessen waren die genannten Faktoren auch in verschiedenen Versuchsreihen nicht so stark different, daß sie von ausschlaggebender Bedeutung geworden wären.

Die Temperaturschwankungen bewegten sich im Maximum zwischen 20 und 25° C, überschritten aber bei dem einzelnen Versuche 3° C nicht. Die Feuchtigkeitsdifferenzen betrugen im ganzen nur 9% und waren im Einzelversuche nicht größer als 3%. Die durchschnittliche Feuchtigkeit betrug 65%. Die Keimlinge waren etwa 2·5—5 *cm* hoch.

In der folgenden Zusammenstellung, welche ohne weiteres klar sein dürfte, ist als erster Eintritt der Anthokyanbildung, respektive der Erzeugung des früher erwähnten »Hauches« der Zeitpunkt angegeben, wo über die Hälfte der jeweilig zum Versuche benützten Pflanzen diese Veränderung zum erstenmal erkennen ließen. Ich habe diesen Modus der Notierung gewählt, um stets zu beobachtende individuelle Empfindlichkeitsschwankungen durch Bildung von Mittelwerten zu kompensieren. Es ist dies übrigens, wie ich später ersehen habe, derselbe Vorgang, den auch Bach bei seinen geotropischen Untersuchungen (Jahrb. f. wiss. Bot., XLIV, H. 1, 1907) beobachtet hat.

Was die Photometrie der benützten Lichtquelle und die in der folgenden Kurve angegebenen Beleuchtungsintensitäten betrifft, so sind dieselben dort als relative Beleuchtungsstärken zu betrachten, wobei die in der nächsten angewendeten Entfernung (40 *cm* vor der Lichtquelle) herrschende Intensität der Beleuchtung = 1 gesetzt wurde. Ich habe allerdings auch versucht, absolute Intensitätswerte zu erhalten, wobei ich, wie ich ausdrücklich bemerke, nach Wiesners Lichtmeßmethode nur diejenigen chemisch-wirksamen Strahlen gemessen habe, welche auf das Chlorsilberpapier einwirken. Da diese absoluten Werte nun zueinander in annähernd demselben Verhältnisse stehen wie die vorhin berechneten Werte des Gesamtlichtes und nur in den niedrigeren Zahlen etwas abweichen, so wären diese Daten ziemlich brauchbar und würden einen annähernd geeigneten Ausdruck für das herrschende Gesamtlicht darstellen. Ich will sie daher hier ein für allemal anführen als ungefähres, empirisch ermitteltes Maß der in den

daneben stehenden Entfernungen der Pflanzen von der Lichtquelle vorhandenen absoluten Lichtintensitäten.

Entfernung von der Lichtquelle in *cm*	Absolute Beleuchtungsintensität in Bunsen-Einheiten
40	0·127
60	0·070
80	0·042
100	0·031
120	0·019
150	0·013
180	0·008
200	0·007

Indessen lege ich auf diese Wertangaben weniger Gewicht. Wichtiger für die Beurteilung des Prozesses erscheinen mir die relativen, im folgenden stets benützten Intensitätsangaben.

Wenn im Nachstehenden als Zeitpunkte die Werte > 10 und ∞ angegeben sind, so bedeutet dies, daß die »Hauch«bildung erst nach zehn Stunden, in einem nicht genau bestimmten Zeitpunkte, erfolgte, respektive auch nach 24 Stunden noch immer keine Verfärbung oder nur bei einigen Keimlingen zu beobachten war, was also praktisch einem Unterbleiben der Anthokyanbildung gleich kam.

Ich beschränke mich hier darauf, einige wenige Versuchsreihen anzuführen.

Versuch vom 10. August 1906:

Relative Beleuchtungsstärke	Beleuchtungsdauer in Minuten	Eintritt der Rötung nach Stunden:
1	90	∞
	120	> 6
	240	5
	300	5
0·44	120	10
	240	5
0·25	90	∞
	120	9
	240	6
0·16	240	$7^1/_2$
	270	$7^1/_2$
	300	7
	360	8

Relative Beleuchtungs-stärke	Beleuchtungsdauer in Minuten	Eintritt der Rötung nach Stunden:
0·11	360	8
0·07	360	∞
	420	∞
0·05	360	9
	480	9
0·04	480	∞
	600	> 10

Versuch vom 18. August 1906:

Relative Beleuchtungs-stärke	Beleuchtungsdauer in Minuten	Eintritt der Rötung nach Stunden:
1	15	∞
	60	> 10
	90	∞
0·44	60	> 10
	90	∞
	120	8
	240	8
0·25	60	∞
	90	∞
	120	> 11
	240	> 13
0·16	180	7
	210	8
	270	$9^1/_2$
	300	$9^1/_2$
0·11	300	> 14
	330	$> 14^1/_2$

Ich benütze diese Versuchsreihen, um daraus Reaktionszeiten abzuleiten, welche als Grundlage für kurvenmäßige Darstellung dienen sollen. Ich bemerke dabei, daß einige Werte sich nicht in die sonst deutlich erkennbare Gesetzmäßigkeit einfügen lassen, wohl aber wieder die nächstfolgenden. In diesem Falle habe ich

diese Werte zwar in der folgenden Übersicht angeführt, aber nicht der Kurvenkonstruktion zugrunde gelegt. Sie sind in der Übersicht in Klammern gesetzt. Wenn in beiden Versuchswerten nicht übereinstimmende Zahlen vorkommen, so wurde die kürzeste tatsächlich beobachtete Reaktionszeit eingesetzt. In der Bezifferung der Kurve wurden unter > 10 alle Reaktionszeiten über zehn Stunden zusammengefaßt, um eine vereinfachte übersichtlichere Linienführung zu bekommen.

Relative Beleuchtungsstärke	Beleuchtungsdauer	Resultierende Reaktionszeit
1	15	∞
	60	> 10
	90	(∞)
	120	> 6
	240	5
	300	5
0·44	60	> 10
	90	(∞)
	120	8
	240	5
0·25	60	∞
	90	∞
	120	9
	240	6
0·16	180	7
	210	8
	240	7
	270	$7^1/_2$
	300	7
	360	8
0·11	300	> 14
	330	$> 14^1/_2$
	360	(8)
0·07	360	∞
	420	∞
0·05	360	(9)
	480	9
0·04	480	∞
	600	> 10

Aus den vorstehend verzeichneten Daten habe ich nun versucht, in einer Kurve die Abhängigkeit der Anthokyanbildung, was ihr erstes Auftreten betrifft, von Beleuchtungsdauer und Beleuchtungsstärke zum Ausdrucke zu bringen und habe dafür eine in physiologischen Dingen nicht gebräuchliche Art der Darstellung benützt, die eine etwas eingehendere Erläuterung angebracht erscheinen läßt.

Wir setzen dabei voraus, daß die Anthokyanbildung, insofern sie vom Lichte abhängt, also ein photochemischer Prozeß ist, von zwei Faktoren wesentlich beeinflußt wird, nämlich von Beleuchtungsstärke und von Beleuchtungsdauer. Fassen wir den zu studierenden Vorgang als Reizvorgang auf, so sind die genannten Faktoren als Reizintensität, beziehungsweise Reizdauer zu betrachten, Ausdrücke, welche im folgenden abwechselnd mit den ersteren gebraucht werden.

Trage ich auf der Abszissenachse die verschiedenen Intensitäten des Reizes (der Beleuchtungsstärke) nach den oben angegebenen Verhältniszahlen auf, auf der Ordinatenachse hingegen die Reizdauer (Induktions- oder Beleuchtungsdauer) in Minuten, so erfolgt für eine bestimmte Kombination beider Faktoren ein als beginnende »Hauch«bildung sich äußernder Reizeffekt, dessen Größe als Reaktionszeit gemessen wird. Ich drücke dieselbe in Stunden aus und schreibe zu dem entsprechenden Punkt eine die Stundenzahl ausdrückende römische Ziffer (zum Beispiel V). Ich verbinde nun alle Punkte, welche mit derselben römischen Ziffer bezeichnet sind, durch eine Linie (Isochrone, zum Beispiel V-er Linie); alle auf dieser Kurve liegenden Punkte haben dieselbe Reaktionszeit, trotzdem sie verschiedenen zusammengehörigen Wertpaaren von Reizintensität und Reizdauer entsprechen. Denke ich mir parallel zur Zeichenfläche Ebenen übereinander gelagert, deren Entfernungen von der Zeichenebene zunehmen, so sei die Kurve der kürzesten Reaktionszeit (in unserem Falle die V-er Linie) auf der obersten dieser Ebenen, unserem Koordinatensystem entsprechend, aufgetragen, die Linien der nächstniedrigeren Reaktionszeiten, VI — ∞, auf den allmählich tieferen Ebenen. Auf diese Weise erhalte ich einen Schichtenkomplex mit Linien, deren Projektionen auf die Zeichenfläche im folgenden dargestellt sind, also eine Darstellung, wie sie bei der Angabe von Höhenschichtenlinien der Landkarte geübt wird.

Ich habe nur noch hinzuzufügen, daß die punktierten Linien den hypothetischen weiteren Verlauf der Kurven bezeichnen, während die durch Sternchen markierten Punkte die durch die Beobachtung

direkt ermittelten Werte der Reaktionszeiten bedeuten. Alle anderen Kurvenpunkte sind natürlich Interpolationen. Indessen handelt es sich hier nicht darum, aus dem Kurvenverlaufe exakte Werte für solche Zwischenpunkte finden zu wollen, sondern aus der Tendenz desselben die allgemeinen Abhängigkeiten der Anthokyanbildung von Reizdauer und Reizstärke zu erkennen.

Diskussion der Kurve. (S. Tafel XVIII und XIX.)

Das auffälligste Charakteristikum der Kurvenlinien besteht in dem Auftreten zweier ganz verschieden orientierter Äste: der eine läuft mehr oder minder parallel der Abszissenachse, während der andere im allgemeinen der Ordinatenachse parallel ist. Wenn auch im einzelnen Abweichungen zu bemerken sind, die wohl auf Versuchsfehler oder individuelle Variation zurückgeführt werden müssen, so ist mit vorstehendem doch die unzweifelhafte Tendenz des Kurvenverlaufes zum Ausdrucke gebracht. Die Umbiegung der einen Kurve in die Richtung der zweiten erfolgt ziemlich scharf.

Die Folge davon ist, daß die an den einzelnen Kurven stehenden, die Reaktionszeiten angebenden Ziffern V— ∞ im rechten Teile von oben nach unten, im linken Teile von rechts nach links aufeinander folgen.

Gehen wir von dem Punkte *a* der Kurve V aus nach links. Endpunkt *a* liegt auf dieser Kurve selbst; das heißt bei der Reizstärke = 1 und der Reizdauer von 240 Minuten tritt erst nach 5 Stunden eine Reaktion, also der Beginn einer Verfärbung ein. Sinkt die Lichtintensität am Versuchsorte bis auf etwa die Hälfte (0·44), so ist die Reaktionszeit noch immer annähernd dieselbe geblieben: denn Punkt *b* liegt mit Punkt *a* auf derselben, zur Abszisse annähernd parallelen Linie V. Wird jetzt die Stärke der Beleuchtung abermals verringert, bis zirka 0·25, so tritt bei gleicher Beleuchtungsdauer (von 240 Minuten) die Reaktion erst nach 6 Stunden ein. Die 240 Minutenlinie schneidet dann in noch kleineren Abständen, als *ab*, *bc* oder *cd* betragen, der Reihe nach die Kurven VII, VIII, IX, > X und ∞.

Es wird also bei geringeren, noch wirksamen Beleuchtungsintensitäten die Reaktionsdauer verlängert, und zwar viel schneller als bei höheren Reizintensitäten. Bei Steigerungen der Reizstärke über etwa 0·44 tritt gar keine oder nur mehr eine sehr langsame Herabsetzung der Reaktionszeit ein (wenigstens innerhalb der Grenzen meiner Versuche).

Analog verhält sich auch die 120 Minutenlinie; auch die 60 Minutenlinie weist diesen Typus auf.

Den Einfluß noch höherer Intensitäten als 1 habe ich nicht untersuchen können.

Die Reaktionszeit hängt also, gleich bleibende Dauer der Lichteinwirkung vorausgesetzt, in der angegebenen Weise von der Beleuchtungsstärke ab.

Gehen wir von einem anderen, aber beliebigen Punkte im rechten Teile des Kurvenbildes aus, der einer bestimmten Beleuchtungsstärke (über etwa 0·30) am Versuchsorte entspricht, so schneiden wir, wenn wir auf der Ordinate dieses Punktes nach oben gehen, Kurvenlinien von allmählich niedrigerer, beim Abwärtssteigen solche von zunehmend höherer Bezifferung. Es können also bei derselben Reizstärke die Reaktionszeiten je nach der Beleuchtungsdauer niedriger oder höher sein. Hieraus ergibt sich eine Abhängigkeit der Reaktionszeit von der Reizdauer als zweitem wirksamen Faktor.

Ganz anders liegen diese Verhältnisse aber bei gewissen niedrigeren Intensitäten der Beleuchtung, etwa bei der Intensität 0·16 oder noch geringeren Werten. Bei der (vertikal verlaufenden) 0·16 Linie biegen die Kurvenäste VII und VIII fast rechtwinkelig nach oben um und verlaufen mehr oder minder der Ordinate parallel. Das heißt aber, daß, dieselbe wirksame Lichtstärke vorausgesetzt, von einem bestimmten Betrage der Beleuchtungsdauer an, eine Steigerung derselben keinen oder keinen wesentlichen Ausschlag mehr für die Verkürzung der Reaktionszeit gibt; wohl aber bewirken, wie wir gesehen haben, Intensitätsveränderungen des Reizes Verschiebungen in der Größe der Reaktionszeit, indem Erhöhungen des ersteren eine Verkürzung der Reaktionszeit im Gefolge haben, Verringerungen der Beleuchtungsstärke aber eine Verlängerung derselben.

Abzusehen wäre dabei nur von den Kurvenstücken zwischen 420 und 480 Minuten Beleuchtungsdauer bei den Linien ∞ und > 10; hier scheint offenbar ein Versuchsfehler vorzuliegen, der aber die Gesamttendenz dieser Kurvenäste nicht zu verdunkeln vermag. Es unterliegt für mich keinem Zweifel, daß auch die Kurven 5 und 6 demselben Gesetze entsprechend eine Umbiegung erfahren müssen; die interpolierten Kurvenstücke deuten diesen Verlauf an.

Somit wird also das charakteristische Bild des Kurvenverlaufes von zwei Faktoren beherrscht: im rechten Teile ist die Beleuchtungsdauer ausschlaggebend, während Intensitätsschwankungen des wirk-

samen Reizes von weit geringerer Bedeutung sind; die linke Partie steht unter dem überwiegenden Einflusse der Reizintensität, während der Einfluß variierter Reizdauer zurückgedrängt ist.

Unter den gezeichneten Kurven sind einige von besonderem Interesse. Die Kurve der kürzesten Reaktionszeit, die in unseren Versuchen 5 Stunden beträgt, braucht nicht notwendigerweise auf die 5-Stundenlinie beschränkt bleiben, da bei höheren Werten der Beleuchtungsstärke oder der Beleuchtungsdauer möglicherweise eine weitere Verkürzung der Reaktionszeit stattfinden könnte. Die Kurve, welche mit $> X$ bezeichnet ist, zeigt durch ihre Entfernung von der Abszisse die kleinste zu Anthokyanbildung nötige, aber auch ausreichende Beleuchtungsdauer an, so daß man mit ihrer Hilfe für jede Reizintensität die Präsentationszeit bestimmen kann. Da die mit $> X$ bezeichnete Linie diejenigen Punkte miteinander verbindet, bei welchen der Eintritt der Rötung mehr als 10 Stunden dauert und da eine verhältnismäßig geringe Herabsetzung der Beleuchtungsdauer selbst nach 24 Stunden noch keinen erkennbaren Effekt hat, so sind die Präsentationszeiten eigentlich genauer durch den zwischen beiden Kurven liegenden Zwischenraum eingeengt und begrenzt. Obwohl die Kurve $> X$ keine einheitliche ist (sie umfaßt ja Punkte verschieden großer, mehr als 10 Stunden währender Reaktionszeit), kann sie doch wenigstens zur Bestimmung der oberen Grenze der Präsentationszeit dienen, während Kurve ∞ deren untere Grenze angibt. Wie der nahe Verlauf beider Kurven ergibt, sind diese Grenzen ziemlich enge gezogen.

Der Kurvenzwischenraum, welcher der Präsentationszeit als der kürzesten wirksamen Reizdauer entspricht, wendet sich nun aber wie die übrigen Kurvenlinien an einem bestimmten Wendepunkt ziemlich direkt vertikal nach aufwärts, derselben Intensitätslinie folgend, in deren Verfolg variierte Reizdauer, wie wir sahen, einflußlos bleibt; er ist also in seinem weiteren Verlaufe für die Ermittlung der Präsentationszeit von keinem Werte[1]). Der genannte Wendepunkt hat dafür selbst eine sehr wichtige Bedeutung: etwa bei der Intensität 0·11 hat eine Reizung von der Dauer der Präsentationszeit bereits die für diese Reizintensität kürzeste Reaktionszeit im Gefolge; eine Steigerung der Reizdauer kürzt für solche niedrige Reizintensitäten die Reaktionszeit nicht mehr ab. Für höhere Intensitäten der Beleuchtung gilt

[1]) Man berücksichtige das über das Streckenstück zwischen 420 und 480 früher Gesagte.

das Gesagte jedoch nicht, so daß dieser interessante Zusammenhang zwischen Präsentationszeit und Reaktionsdauer, den Bach (l. c. pag. 79) auch für geotropische Reizung angibt, nur eine sehr beschränkte Geltung hat.

Mit Zunahme der Beleuchtungsstärke nimmt die Präsentationszeit allmählich etwas ab.

Zur Ermittlung der Präsentationszeiten aus den Beobachtungsdaten seien hier die kürzesten wirksamen Induktionszeiten dreier Versuche angeführt. Die Zahlen schwanken beträchtlich. Ich glaube berechtigt zu sein, das Mittel der zwei kleinsten Werte zum Vergleiche zu benützen und erhalte folgende Zahlen.

Präsentationszeiten.

Relative Beleuchtungsstärke	30. Sept. 1907	18. Aug. 1906	10. Aug. 1906	Mittel
1	30	60	120	45
0·44	60	120	120	90
0·25	> 60	> 240	120	rund 100
0·16	60	210	240	135
0·11	> 90	330	360	rund 210
0·07	> 240	?	> 420	?
0·05		—	360	360
0·04	> 240	—	600	600

Daß diese Mittelwerte durchaus nicht aus der Luft gegriffen sind, geht daraus hervor, daß sie sich überraschend gut in den zur Ermittlung der Präsentationszeit heranzuziehenden Zwischenraum zwischen den Kurven $>X$ und ∞ einfügen, obwohl, wie ich ausdrücklich hervorhebe, die Kurven ohne Einbeziehung des Versuches vom 30. September 1907 gezeichnet wurden. Nebenbei bemerkt ist dieser Umstand auch ein Beweis, daß der Kurvenverlauf selbst, trotzdem nur relativ wenige Punkte zu seiner Konstruktion verwendet wurden, im großen und ganzen gewiß ein ziemlich treues Bild der herrschenden Verhältnisse liefert.

Die aufwärts strebenden Äste der ∞-Kurve und der $>X$-Linie stellen ebenfalls Grenzlinien dar; erstere läßt die untere, letztere die obere Grenze erkennen, innerhalb welcher diejenige niedrigste Beleuchtungsintensität zu suchen ist, welche gerade noch imstande ist, nach mehr als zehn Stunden Anthokyanbildung zu

bewirken. Durch diesen sehr eng begrenzten Zwischenraum ist aber der Schwellenwert der Reizintensität auffindbar, welcher noch einen Effekt auszulösen imstande ist.

Geht man mit der Beleuchtungsdauer aufwärts, so trifft man zwar im rechten Teil der Kurven der Reihe nach stets alle Linien von ∞ bis 5. Nicht aber, wenn die Beleuchtungsdauer bei geringeren Intensitäten als 0·2 gesteigert wird; denn in diesem Falle treffe ich bei einer bestimmten Beleuchtungsstärke nur mehr einen Teil der Kurven. So z. B. läßt sich bei der Reizintensität 0·16 die Reaktionszeit nur mehr bis auf 7—7½ Stunden herunterdrücken. Je niedriger also die Intensitäten der Beleuchtung werden, desto mehr wird die Länge der Reaktionszeit erhöht und kann schließlich auch durch weitgehende Ausdehnung der Beleuchtungsdauer nicht mehr abgekürzt werden, so daß z. B. bei 0·04 bis 0·16 der Reizstärke eine Verlängerung der Beleuchtungsdauer um 3 bis 4 Stunden keinen nennenswerten Effekt mehr hat.

Man kann demnach unter den angegebenen Verhältnissen die Reaktionszeit nur bis zu einem gewissen Maße herabsetzen. Bis zu dieser Grenze, dem für die betreffende Beleuchtungsintensität minimalen und für sie charakteristischen Wert der Reaktionszeit, hat die Beleuchtungsdauer einen Einfluß. Hier aber wird eine obere Grenze derselben erreicht, über welche hinaus eine Steigerung der Beleuchtungsdauer fast oder ganz wirkungslos bleibt.

Ganz ähnliche Betrachtungen gelten für den Einfluß der Beleuchtungsstärke: oberhalb einer Beleuchtungsdauer von 240 Minuten hat zunehmende Reizintensität eine ziemlich gleichmäßige Abkürzung der Reaktionszeit zur Folge, bis diese ihren Minimalwert, bei unseren Versuchen 5 Stunden, erreicht hat. Bei weiterem Absinken der Beleuchtungsdauer kann gesteigerte Lichtintensität nur bis zu einem gewissen, für die gegebenen Umstände bezeichnenden, relativen Minimum der Reaktionszeit führen. So beträgt dieses bei 180 Minuten Beleuchtungsdauer 7 Stunden, bei 120 Minuten etwa 8 Stunden, bei 60 Minuten kann die Reaktion nicht unter 10 Stunden eintreten.

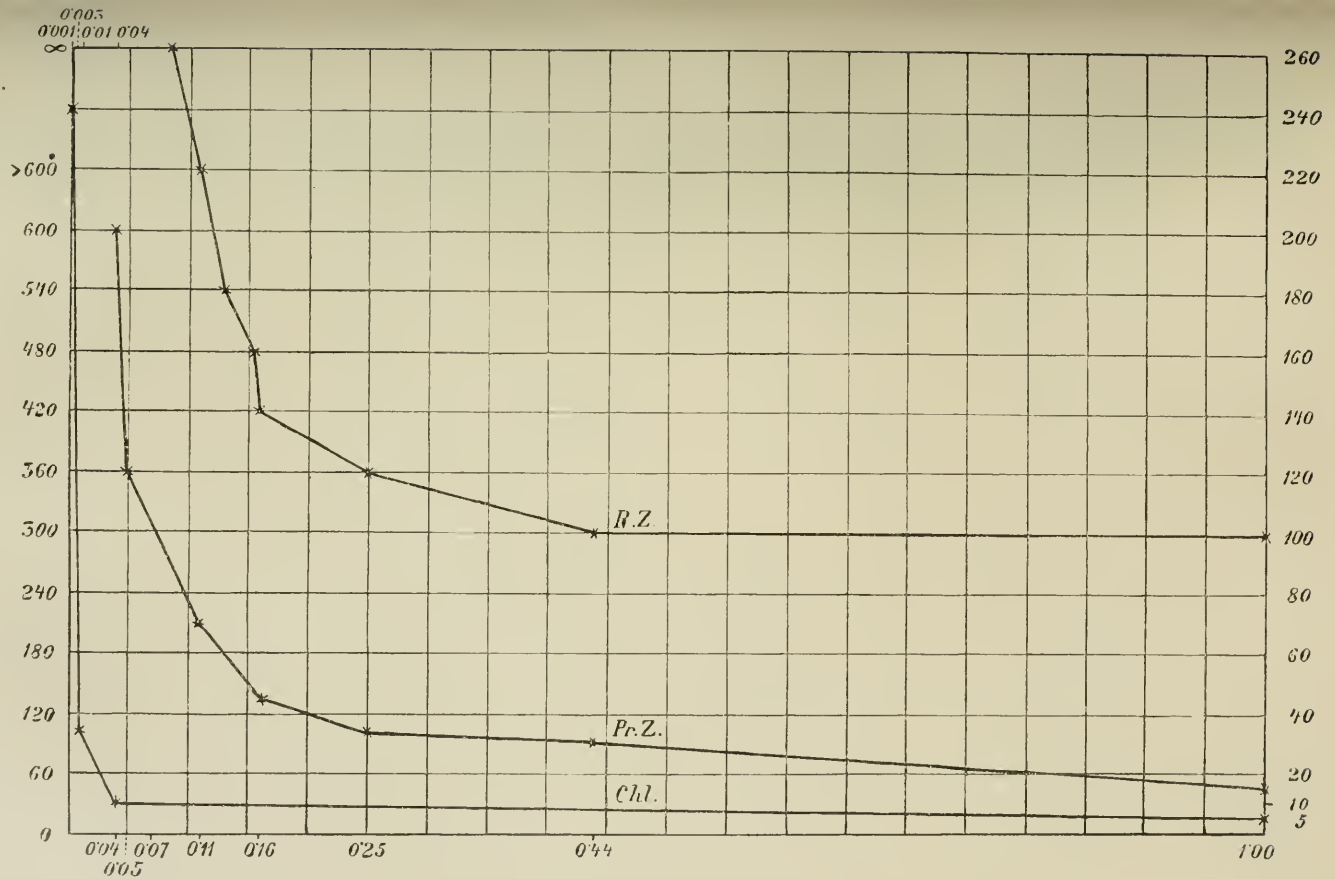
Aus der bisherigen Darstellung im Verein mit der kurvenmäßigen Festlegung der Verhältnisse ergibt sich aber des weiteren, daß der photochemische Prozeß der Anthokyanbildung zwar von Lichtstärke und Belichtungsdauer abhängig ist, aber dabei durchaus nicht der einfachen Relation folgt, welche z. B. für den photochemischen Prozeß der Chlorsilberreduktion gefunden worden ist

und innerhalb weiter Grenzen in der Formel $e = it$ zum Ausdrucke kommt, wobei e als Effekt der Lichtwirkung den Schwärzungsgrad, i die wirksame chemische Lichtintensität und t die Expositions- oder Einwirkungsdauer der Strahlen bei der betreffenden Lichtstärke vorstellt. Denn in diesem Falle müßte für jeden Punkt derselben Kurve das Produkt aus zugehöriger Reizintensität und Reizdauer gleich sein, was offenbar nicht zutrifft. Ich kann also nicht einen Punkt einer bestimmten Kurve mit einem beliebigen anderen Punkt einer zweiten vergleichen, wenn ich das Verhältnis der die zugehörigen Reaktionszeiten bedingenden Kräfte, ausgedrückt durch das Produkt der am gegebenen Punkte wirksamen Beleuchtungsdauer und Beleuchtungsstärke, ermitteln will. Wohl aber kann ich diesen Vergleich vornehmen für die Wendepunkte der einzelnen Kurven.

Bildet man für einen bestimmten Punkt, oberhalb der Reizstärke 0·30 zum Beispiel, als Maß der einwirkenden Faktoren das Produkt aus Präsentationszeit oder überhaupt aus wirksamer Beleuchtungsdauer und Beleuchtungsintensität, so ergibt dasselbe für abnehmende Intensitätswerte der Beleuchtung allmählich abnehmende Werte, die sich einem bestimmten Minimum nähern: am Wendepunkt der Kurve angelangt haben wir diesen Minimalwert der einwirkenden Kraft (um uns kurz auszudrücken) erreicht. Es wird also der gleiche Effekt, in unserem Falle dieselbe Reaktionszeit, schon von einem gewissen Minimum der wirksamen Faktoren ausgelöst; Steigerung bloß eines derselben, also nur der Beleuchtungsdauer oder bloß der Lichtstärke, haben keine, höchstens eine untergeordnete, schwache Wirkung im Gefolge. An den Wendepunkten stellt sich also die mit den gegebenen wirksamen Faktoren kürzest erreichbare Reaktionszeit ein.

Wenn eine Zunahme der wirksamen Reizstärke über einen gewissen Betrag hinaus nur mehr einen geringfügigen oder gar keinen Einfluß mehr auf die Verkürzung der Reaktionszeit hat, so gibt sich dafür ein anderer Effekt zu erkennen, nämlich zunehmende Intensität der Rotfärbung, so zwar, daß gleich lang beleuchtete Versuchspflänzchen desto röter werden, je stärker das Licht ist, dem sie ausgesetzt sind.

Es kann also gesteigerter Lichtreiz zweierlei Effekte hervorbringen: einmal verursacht er innerhalb bestimmter Grenzen eine gewisse Verkürzung der Reaktionszeit, sodann aber äußert er sich



R. Z. Kurve der Reaktionszeiten bei verschiedener Reizintensität und 240 Minuten währender Induktion. — *Pr. Z.* Kurve der Präsentationszeiten. — *Chl.* Kurve der Reaktionszeiten bei der Chlorophyllbildung (berechnet nach Wiesner). — Die Zahlen am unteren und am linken Rande beziehen sich auf die Anthokyanbildung und bedeuten Beleuchtungsintensitäten, respektive Zeit in Minuten. — Die Zahlen am oberen und am rechten Rande geben Beleuchtungsstärke, bezw. Zeitdauer in Stunden für die Chlorophyllbildung an.

in der Bildung offenbar größerer Anthokyanmengen. Ich finde hierin ein ähnliches Verhalten ausgeprägt, wie bei geotropischen Reizvorgängen, bei denen als Maß der Reizwirkung nicht nur die Dauer der Reaktionszeit, sondern auch noch ein zweites Moment, nämlich die Intensität der Krümmung in Betracht kommt.

Noch auf eine andere Analogie möchte ich verweisen. Konstruiere ich (Fig. auf pag. 435) die Kurve der Präsentationszeiten nach den auf pag. 432 angegebenen Werten und die Kurve der Reaktionszeiten für verschiedene Reizintensitäten und 240 Minuten Induktionsdauer, so verlaufen beide fast parallel: mit zunehmender Reizstärke nehmen Präsentations- und Reaktionszeit anfangs sehr schnell, allmählich immer langsamer ab.

Denselben Typus im Verlaufe der Kurve der Reaktionszeiten zeigt auch der photochemische Prozeß der Chlorophyllbildung, wenn ich die von Wiesner (l. c. pag. 67 ff.) angegebenen Werte zur Kurvenkonstruktion benütze. Ich habe nach den dort gemachten Angaben über die Beleuchtungsstärken, welchen die Keimlinge ausgesetzt waren, ungefähr die relativen Lichtstärken berechnet. (Die betreffenden Werte sind am oberen Rande der Fig. verzeichnet. Am rechten Rande stehen die zugehörigen Reaktionszeiten in Stunden.) Auch hier ist in charakteristischer Weise der anfangs rapide, später viel langsamere Abfall der Reaktionszeiten mit steigernder Reizintensität deutlich zu sehen.

Der photochemische Prozeß der Anthokyanbildung im Lichte ist also nach allem ein typischer Reizvorgang, der in vieler Beziehung Analogien zu andersartigen Reizprozessen aufweist. So konnten diverse Berührungspunkte mit dem, einem ganz anderen Wirkungsgebiete angehörigen Geotropismus gefunden werden, welche neuerdings ein Beispiel für den tiefen, in den letzten Ursachen offenbar gleichartigen Zusammenhang aller Reizerscheinungen liefern.

Kritische Bemerkungen und Übersicht über die bisher zutage geförderte fossile Flora des unteren Lias der österreichischen Voralpen

von

Fridolin Krasser (Prag).

Eingelangt am 20. Oktober 1907.

„Nichts ist oft augenfälliger als
der Irrtum und das Fehlen,
aber nichts ist zugleich so schwierig
als etwas Besseres und Bleibenderes
an dessen Stelle zu setzen."

Franz Unger.
Iconogr. plant. foss. (1852), pag. 2.

Eine der Hauptaufgaben der Phytopaläontologie besteht in der genauen Erforschung der fossilen Lokalfloren von sicher bekanntem geologischen Alter. Die Wichtigkeit derartiger Arbeiten liegt klar zutage. Müssen doch sowohl phylogenetische wie pflanzengeographische Studien über fossile Pflanzen in erster Linie auf Material basieren, dessen geologisches Alter unzweifelhaft feststeht. Dadurch wird aber zugleich auch die sichere Grundlage für die Altersbestimmung von Ablagerungen geschaffen — deren Alter auf stratigraphischem Wege nur unsicher oder gar nicht zu ermitteln ist — auf Grund von in ihnen eingeschlossenen Pflanzenresten. Speziell die fossilen Floren Österreichs bedürfen ungeachtet der bahnbrechenden Leistungen von Graf Kaspar Sternberg, Corda, Unger und Ettingshausen sowie von Stur noch sehr der Bearbeitung.

So möge denn auch der auf den folgenden Blättern in aller Kürze durchgeführte Versuch der Bearbeitung einer Anzahl kleiner Lokalfloren, die durchaus den Grestener Schichten angehören, als ein Beitrag zur genaueren Erforschung der Liasflora unseres schönen Vaterlandes aufgenommen werden.

Ich war in der angenehmen Lage, insbesondere das einschlägige Material der Sammlung der k. k. geologischen Reichsanstalt benützen zu können. Vor Jahren schon hatte ich das Material des k. k. naturhistorischen Hofmuseums eingesehen und zum größten Teile determiniert. Beiden Instituten bin ich wärmsten Dank schuldig.

In der vorliegenden Arbeit sind folgende fossile Lokalfloren aus typischen Grestener Schichten berücksichtigt:

Pechgraben bei Großraming.
Grossau, östl. von Neustift.
Hinterholz, östl. von Waidhofen a. d. Ybbs.
Gresten und »in der Joising«.
Bernreuth bei Hainfeld.

Alle diese Fundorte liegen im Gebiete der niederösterreichischen Voralpen. Die fossile Flora der Grestener Schichten typischer Entwicklung findet sich nur in deren tiefster Abteilung, im Liegenden und Hangenden von Kohlenflözen, die hier in Sandsteinen, Arkosen und Schiefertonen eingebettet sind. Dieser Schichtenkomplex gehört, wie schon Stur[1]) und neuerdings Friedrich Trauth[2]) nachgewiesen haben, dem untersten Lias an.

Der Kürze der Darstellung halber führe ich die Arten in Form eines *Conspectus* in systematischer Reihenfolge auf und gebe nur die allerwichtigsten jener Zitate, die zur Begründung der gewählten Nomenklatur erforderlich sind, ferner die Fundorte und kritische Bemerkungen. Beschreibungen der Reste gab ich nur bei den neuen Arten.

Bei den Untersuchungen achtete ich besonders auch darauf, die von Stur[3]) in die Literatur und in Sammlungen eingeführten Musealnamen aufzuklären. Dies gelang durch das Studium der im Museum der k. k. geologischen Reichsanstalt aufgestellten Originale.

---

[1]) Stur D.: »Geologie der Steiermark«, Graz 1871, pag. 463.

[2]) Trauth F.: Akad. Anzeiger der kais. Akad. der Wissensch. in Wien, math.-naturw. Kl., Sitzung vom 5. Juli 1906.

[3]) Stur, neben Ettingshausen in der Nach-Ungerschen Periode der Phytopaläontologie, einer der fruchtbarsten Autoren, hat sich vielfach mit der Determinierung eingesendeter Pflanzenreste beschäftigt und war so öfter genötigt, Namen für neue Gattungen und Arten einzuführen, deren Begründung durch eine Publikation aus Zeitmangel unterblieb.

I. Historisches.

Es genügt, an dieser Stelle darauf hinzuweisen, daß außer gelegentlichen Bemerkungen älterer Autoren über die in Rede stehenden Liaspflanzen, insbesondere bei Schenk in seinem Werke »Die fossile Flora der Grenzschichten des Keupers und Lias Frankens« (Wiesbaden 1867) eingehendere (l. c. pag. 226 squ.), auf die niederösterreichischen Vorkommnisse bezügliche Angaben sich finden. In der die »Flora der Grenzschichten« beschließenden Tabelle, die sich als eine Übersicht über die damals (1867) bekannten fossilen Floren des bunten Sandsteines, der Keuperformation, der rhätischen Formation, des unteren und oberen Lias darstellt, zählt Schenk in der fossilen Flora des »unteren Lias der österreichischen Alpen« folgende Arten auf:

Equisetites Ungeri Ett.
Baiera taeniata Br.
Jeanpaulia Münsteriana Schenk.
Sphenopteris sp. patentissimae Goepp. aff.
Alethopteris whitbyensis aff.
Pecopteris sp.
Sagenopteris rhoifolia Presl var. elongata Braun.
Clathropteris Münsteriana Schenk.
Dictyophyllum Nilssoni Goepp.
Thaumatopteris sp. (Braunianae aff.)
Laccopteris.
Taeniopteris asplenioides Ett.
„ *tenuinervis Braun.*
„ *vittata Brongn.*
„ *sp. (latae Oldh. aff.)*
Zamites distans Presl.
Pterophyllum Andraei Stur.
„ *cuspidatum Ett.*
„ *sp. (segmentis latis).*
Palissya Brauni Endl.
Podocarpites acicularis Andrae.
Phlebopteris propinquus Brongn.

Schenk hat vor mehr als vierzig Jahren die in den Wiener Sammlungen damals vorhandenen fossilen Pflanzen von österreichischen Fundstätten des Lias durchgesehen[1]) und es beruhen

[1]) Schenk A.: Die fossile Flora der Grenzschichten . . . 1867, pag. 226.

daher seine Angaben auf Autopsie. In der Tat fand ich in der phytopalaeontologischen Sammlung des k. k. naturhistorischen Hofmuseums von Schenk selbst determinierte Handstücke[1]) vor!

1871 gab Stur[2]) gelegentlich der Darstellung der Liasvorkommnisse in Steiermark eine Tabelle der fossilen Flora der Grestener Schichten. Aus den voralpinen Grestener Schichten führt er an:

Equisetites Ungeri Ett.
[3])**Baiera taeniata Br.*
**Jeanpaulia Münsteriana Presl sp.*
Alethopteris whitbyensis Goepp.
**Sagenopteris rhoifolia var. elongata Goepp.*
**Clathropteris Münsteriana Schenk.*
Dictyophyllum Nilssoni Goepp.
**Thaumatopteris conf. Brauniana Popp.*
Ctenis asplenioides Ett. sp.
**Taeniopteris tenuinervis Brauns.*
**Zamites distans Presl.*
Pterophyllum Andraei Stur.
**Palissya Braunii Endl.*

In der Sammlung der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien finden sich als Originale Sturscher Arten der Grestener Flora:

Speirocarpus grestenensis Stur.
„ *Buchii Stur.*
„ *tener Stur.*
Thaumatopteris angustissima Stur.
Senftenbergia grestenensis Stur.
Angiopteridium Haidingeri Stur.
Nilssonia Neuberi Stur.
Pterophyllum Andraei Stur.
„ *inaequale Stur.*
„ *grestenense Stur.*
„ *sequens Stur.*
„ *sp.*

Aufgabe meiner Untersuchung mußte es demnach sein die Stichhaltigkeit der Artbestimmungen von Schenk und Stur zu

[1]) Diese Handstücke stammen noch aus den einschlägigen Sammlungen des k. k. Hof-Mineralien-Kabinetts«.

[2]) Stur D.: »Geologie der Steiermark«. Graz 1871, pag. 464.

[3]) * Mit der Flora des Rhät gemeinsame Art.

prüfen, die Sturschen Arten aufzuklären und überhaupt das mir zugängliche Material kritisch zu bearbeiten. Mit Absicht habe ich mich des Vergleiches mit den Arten der fossilen Flora von Steierdorf und Fünfkirchen enthalten und denselben einer monographischen Bearbeitung der fossilen Flora der Grestener Schichten und ihrer Äquivalente vorbehalten. Es schien mir richtiger zu sein, bis zur eingehenden Durcharbeitung der genannten Floren lieber auf immerhin gewagte Parallelisierungen und Identifizierungen zu verzichten, als diese reichhaltigen Lokalfloren nur oberflächlich zu behandeln.

II. Die Arten der Grestener Flora der niederösterreichischen Voralpen.

Farne.

1. *Klukia exilis.*

Raciborski, Englers Jahrb. XIII (1891), pag. 1. — *Pecopteris exilis.* Phillips, »Geol. Works«, pag. 148, Tab. VIII, Fig. 16.

Die Synonymie siehe bei Seward, »Jur. Flor.« I (1900), pag. 130.

Fundorte: Hinterholz, Pechgraben.

Besonders die von Raciborski, »Flor. Krakow«, 1894, pag. 167 als *var. parvifolia* beschriebenen und l. c. Tab. XXVI, Fig. 2 abgebildeten Reste aus der Liasflora des Krakauer Gebietes zeigen treffliche Übereinstimmung mit den Abdrücken von Hinterholz.

Undeutliche Abdrücke dieser Art von Pechgraben hat Stur mit dem Musealnamen *Speirocarpus Buchii Stur* versehen.

2. *Matonia sp.*

Fundorte: Hinterholz, Gresten.

Nach der Gestalt und Bedeckung der Sori zu *Matonia* gehörig. Nach Gestalt und Anordnung der Fiederchen steht unsere Art jedenfalls der *Laccopteris Goepperti Schenk*[1]) und der *L. Münsteri Schenk*[2]) sowie den von Andrae[3]) als *Andriania baruthiana Fr. Braun* beschriebenen Farnresten von Steierdorf sehr nahe. Von

[1]) Schenk: »Grenzschichten«, 1867, Tab. XXIII.

[2]) ibid. Taf. 24, Fig. 6, 8–10; Taf. 25, Fig. 1, 2*a*, *b*.

[3]) Andrae K. J.: »Fossile Flora Siebenbürgens und des Banates«. Abh. d. k. k. geolog. Reichsanstalt Wien, II. Bd., 3. Abt., Nr. 4 (1853), pag. 36, Tab. VII, Fig. 1–3.

den fertilen Exemplaren von *Laccopteris Goepperti* und *L. Münsteri* unterscheidet sich unsere *Matonia* durch die sehr genäherten Fiederchen. Die *Andriania baruthina Andrae*, die von der Braunschen Art[1]) differiert, besitzt im allgemeinen die sehr genäherten Fiederchen unserer Art. Es macht den Eindruck, daß sie dazu gehört. Die Entscheidung kann indes erst nach der Erlangung reichlicheren Materials getroffen werden.

Surs Musealname *Laccopteris conf. Goepperti Schenk* bezieht sich auf das Grestener Vorkommen.

3. *Laccopteris elegans.*

Presl in Sternberg, »Versuch einer Darstellung der Flora der Vorwelt« II (1838), pag. 115, Tab. XXXII, Fig. 8*a*, 1, 2, 3, 8*b*, 8c. — Moeller, »Bidr. till Bornh. foss. flora«. Pteridofyter. Lund 1902, pag. 32, Tab. III, Fig. 3—8. — Seward, »On the structure and affinities of Matonia pectinata R. Br. Philos. Transact.«, Roy. Soc. London, Ser. B, Vol. 191, pag. 196, Fig. 8.

Fundorte: Hinterholz, Pechgraben.

Unsere Belegstücke für diese Art gleichen besonders den Abbildungen, die von Moeller l. c., Tab. III, Fig. 3, geboten werden.

Die Exemplare von Pechgraben sind die Originale zu Surs *Speirocarpus tener* (Musealname).

4. *Taeniopteris Haidingeri.*

Ettingshausen, »Beitr. z. Flora der Vorwelt«, Wien 1851. Separatabdr. pag. 34, Tab. XIII, Fig. 1.

Fundorte: Hinterholz, Bernreuth.

Das in der Sammlung der k. k. geologischen Reichsanstalt befindliche Original stammt nach dem angeklebten Zettel von Hinterholz. Es ist zugleich das Original von *Angiopteridium Haidingeri Stur.*

5. *Taeniopteris tenuinervis.*

Brauns, »Der Sandstein bei Seinstedt«, Palaeontogr. IX (1864), pag. 50, Tab. XIII, Fig. 1—3. — Moeller, »Bidr. till Bornh. foss. flora«, Pteridofyter. Lund 1902, pag. 37, Tab. III, Fig. 12 - 16. Daselbst auch die Synonymie.

Fundorte: Pechgraben, Hinterholz, Bernreuth.

[1]) Abbildung siehe zum Beispiel bei Schenk »Grenzschichten«, Tab. XXI, Fig. 1.

6. *Taeniopteris sp.*

Fundort: Bernreuth.

In der Schausammlung der k. k. geologischen Reichanstalt befindet sich der Abdruck eines etwa handtellergroßen Blattfragments, welches am ehesten dem Typus der *Taeniopteris musaefolia Oldh.* (Mem. Geol. Surv. of India II, pag. 42, Tab. IV, Fig. 1, 2) oder *Taeniopteris lata Morris* (Oldham, l. c. II, pag. 41, Tab. I, II, Fig. 1; Tab. III, Fig. 2) entspricht. Es ist übrigens nicht ausgeschlossen, daß es sich um ein mazeriertes Fragment eines großen Blattes von *Nilssonia polymorpha Schenk* handelt, ähnlich Nathorst, »Bidr. till sveriges foss. Flora.« (Stockholm 1876), Tab IX, Fig. 6.

Es ist das Original zu „*Taeniopteris sp. (latae Oldh. aff.)*“ der Tabelle in Schenks Grenzschichten. Das Handstück ist übrigens als „*Taeniopteris gigantea Schenk*“ signiert.

7. *Pecopteris (?) (Asplenites) lobata.*

Oldham, »Fossil Flora of the Gondwana System in India« Vol. I, Pt. I, (1863), pag. 52, Tab. XXXIII, Fig. 1, 29, 30, 36, Fig. 6, 7. — Feistmantel, ibid. Pt. II (1877), pag. 92.

Fundorte: Hinterholz, Pechgraben, Grossau.

Von Bindrabun, einem Fundorte der Rajmahalflora, stammen die Originale dieser zuerst von Oldham 1863 beschriebenen und dann von Ottokar Feistmantel (1877) abermals untersuchten Art. Während Oldham die rezente Analogie in der Verwandtschaft von *Asplenium* suchte und, wie die Bezeichnung: „*Pecopteris (?) (Asplenites) lobata*“ beweist, selbst in der Zuweisung zu einer der einem Nervationstypus und einer bestimmten Spreitenbildung entsprechenden Hilfsgattung im Zweifel war, konnte Feistmantel nach wiederholter Untersuchung der Belegstücke und nach Entdeckung der *Dicksonia Bindrabunensis* (auf Abdrücke fruktifizierender Exemplare begründet) die Ansicht aussprechen, daß nach den vorliegenden fruktifizierenden Stücken[1]) *Pecopteris lobata* der *Dicksonia bindrabunensis* sehr nahe stehe und überdies eher als *Sphenopteris* als *Pecopteris*, geschweige denn als *Pecopteris cyatheoides Schimp.*[2]) zu betrachten sei.

[1]) Nach O. Feistmantel ist die Fruktifikation von *Pecopteris lobata Oldh.* (l. c. Tab 28, Fig. 1) nicht korrekt gezeichnet, da sich die Sori mehr am Ende der Fiederchen befinden.

[2]) Bei Schimper »Traité« I (1869, pag. 512) findet sich „*Pecopteris (Cyatheoides) lobata*“ und die Bemerkung, die Oldhamschen Abbildungen gleichen der *Pecopteris cyatheoides Schimp.*

Die mir vorliegenden Exemplare aus den Grestener Schichten stimmen habituell vollständig mit den indischen überein.

Zweifellos ähnlich sind auch gewisse Formen von *Coniopteris arguta L. and H.*[1]), *Pecopteris patens Racib.*[2]) sowie *Dicksonia Pingelii Barth.*[3]) und *Acrostichites princeps Schenk*[4]). Die letztere Art aus dem Rhät hat jedoch wesentlich kürzere Fiederchen.

8. *Cladophlebis nebbensis.*

Nathorst, »Bidr. till Sver. foss. flora» (1876), pag. 16, Tab. II, Fig. 1—6; Tab. III, Fig. 1—3.

Zeiller, »Flore foss. des gîtes de charbon du Tonkin», Text (Paris 1903) pag. 45; Atlas (1902), Tab. IV, Fig. 2—4.

Pecopteris nebbensis Bronyn. »Hist. végét. foss.» I (1833 oder 1834), pag. 299, Tab. 98, Fig. 3.

Die Synonyme siehe bei Zeiller l. c.

Fundorte: Hinterholz, Bernreuth, Joising.

Sowohl Fragmente mit kleineren Fiederchen, wie sie die Mehrzahl der als *Cladophlebis nebbensis* bezeichneten Reste besitzen, als auch solche mit sehr ansehnlichen Fiederchen, wie bei Nathorst l. c. Tab. II, Fig. 1 und Tab. III, Fig. 3, sind unter den Belegstücken von Hinterholz vorhanden.

Stur hat, wie die Originale seines *Speirocarpus grestenensis*, die teils von Pechgraben, teils von Hinterholz und Bernreuth stammen, *Todites Williamsoni Sew.* (die Exemplare von Pechgraben) und *Cladophlebis nebbensis Nath.* mit großen Fiederchen (die Exemplare von Hinterholz und Bernreuth) konfundiert.

9. *Todites Williamsoni.*

Seward, »The Jurassic Fiora« I (London 1900), pag. 87 squ., Tab. XIV, Fig. 2, 5, 7; Tab. XV, Fig. 1—3; Tab. XXI, Fig. 6; Text-Fig. 12.

Pecopteris Williamsonis Brongn. »Prodrom.« (1828), pag. 57.

Die Synonyme siehe bei Seward l. c.

Fundorte: Hinterholz, Pechgraben.

Die mir vorliegenden Exemplare (insbesondere solche von

[1]) Seward: »Jurassic Flora« I, Tab. XVII, Fig. 4, 5. (Rec. Analogie *Davallia* Arten).

[2]) Raciborski: »Flor. Krak.», Tab. XXV, Fig. 2.

[3]) Moeller: »Bidr. till Bornh. foss. flora. Pteridofyter.« Tab. I, Fig. 2,

[4]) Schenk: »Grenzschichten«, Tab. VII, Fig. 3—5, Tab. VIII.

Hinterholz) stimmen vortrefflich in allen Merkmalen mit den oben zitierten Abbildungen. Insbesondere sei auf Tab. XV, Fig. 1 (fruktifizierend) und 2 (steril) hingewiesen.

Eng verwandt ist, wie schon Seward bemerkt, *Acrostichites Goeppertianus Schenk*, »Grenzschichten«, pag. 45, Tab. V, Fig. 5, 5 *a*, und Tab. VII, Fig. 2, 2 *a*. Die Form der Fiederchen ist jedoch anders.

Speirocarpus Goeppertianus Stur und ein Teil von *Sp. grestenensis Stur* (die Exemplare von Pechgraben) gehören zu *Todites Williamsoni Sew.*

10. *Etenis asplenioides.*

Stur, »Geologie der Steiermark«, Graz 1871, pag. 464. *Taeniopteris asplenioides Ettingshausen*, »Beiträge zur Flora der Vorwelt«. Haidingers Naturw. Abt., IV. Bd., I. Abt. (Wien 1851), pag. 31 (des Sep.-Abdr.) und Tab. XI, Fig. 1, 2.

Fundort: Hinterholz.

Das Original im k. k. naturhistorischen Hofmuseum wurde auch von Schenk untersucht, der bereits in der fossilen Flora der Grenzschichten (1867), pag. 226, erklärte, daß *Taeniopteris asplenioides Ettingshausen* eher zu *Ctenis* gehöre, da die Nerven durch schief verlaufende Queräste verbunden sind.

11. *Dictyophyllum Nilssoni.*

Goeppert, »Gattungen der fossilen Pflanzen«, Lief. 5 und 6 (1846), pag. 119. — Nathorst, »Über *Dictyophyllum* und *Camptopteris spiralis*«. Kungl. Svenska vetensk. Ak. Handl., Bd. XLI, Nr. 5 (1906), pag. 5.

Phlebopteris Nilssoni Brongn. »Histoire de végét. foss.« (1836), pag. 376, Tab. 132, Fig. 2.

Die Synonyme siehe bei Nathorst l. c. und bei Moeller, »Bidr. till. Bornh. foss. Fl.« Pteridofyter (1902), pag. 42.

Fundorte: Hinterholz, Pechgraben, Grossau.

Von dieser an Formen und Varietäten reichen Art konnte ich in dem Material von Hinterholz bisher konstatieren:

Form: *genuinum Nath.* l. c., pag. 5, Tab. III, Fig. 4 und 5. (*Dictyophyllum Nilssoni var. & genuinum Nath.* »Bidr. till sveriges foss. Flora« 1876, pag. 26.)

Var.: *hoerense Nath.* l. c., pag. 7, Tab. III, Fig. 1.

Es ist bemerkenswert, daß die ursprünglich aus der fossilen Flora von Palsjö beschriebene Form *genuinum* nur von Nathorst

auch in der Liasflora des Hör-Sandsteines entdeckt wurde. Die *var. hoerense* begründete Nathorst auf Exemplare aus dem Sandstein von Hör.

12. *Dictyophyllum Bartholini.*

Moeller Hjalmar, »Bidr. till Bornholms fossile Flora«, Pteridofyter, Lund 1902.

Fundort: Hinterholz.

Diese Art war bisher nur von den Fundorten Vellengsby und Baga auf Bornholm bekannt.

13. *Dictyophyllum spec. determinandae.*

Sowohl von Hinterholz wie von Pechgraben und Grossau sind überdies noch *Dictyophyllum*-Reste bekannt, die noch eingehenderer Beobachtung bedürfen. So dürfte sich unter den Resten, die von »in der Joising« und von Hinterholz stammen, *Dictyophyllum Münsteri* (*Goepp.*) Nath. sicherstellen lassen.

Die *Thaumatopteris angustissima Stur* dürfte sich als eine neue *Dictyophyllum*-Art mit sehr schmalen Abschnitten erweisen. Sie ist nur in sehr dürftigen Fragmenten und bisher ausschließlich aus Pechgraben bekannt. Die »*Thaumatopteris sp.* (*Brauniana aff.*)« der Schenkschen Tabelle »*Thaumatopteris conf. Brauniana Popp.*« der Sturschen Übersicht ist nach den Exemplaren in der Sammlung der k. k. geologischen Reichsanstalt eine neue Art von *Dictyophyllum* aus der Verwandtschaft von *Dictyophyllum Fuchsi Zeiller* (»Flore fossile des gîtes de charbon du Tonkin«, Atlas, Paris 1902, Tab. XVIII), die auch gewissen Formen von *Dictyophyllum Münsteri Nath.* (z. B. *Thaumatopteris Münsteri var. longissima Goepp.*) nahesteht. Speziell die Vorkommnisse von Pechgraben und Grossau sind in dieser Beziehung bemerkenswert.

14. *Protorhipis Buchi.*

Andrae, »Beitr. zur Kenntn. der foss. Flora Siebenbürgens und des Banates«. Abh. der k. k. geolog. Reichsanst., Wien, II. Bd., 2. Abt, Nr. 4 (1853), pag. 36, Tab. VIII, Fig. 1.

Acrostichum Buchii Ettingshausen »Farnkräuter der Jetztwelt«, Wien 1865, pag. 22.

Hausmannia Buchii Moeller, Bidr. till Bornh. foss. Fl., Pteridofyter, Lund 1902, pag. 49. — Richter P. B., »Beiträge zur Flora der unteren Kreide Quedlinburgs«, I, Leipzig 1906, pag. 21.

Fundort: Hinterholz.

Bislang liegt nur das abgebildete Fragment vor. Es stellt den basalen Teil der Spreite dar.

Marsiliaceen.

15. *Sagenopteris rhoifolia.*

Presl in Sternberg, »Flora der Vorwelt«, II (1838), pag. 165, Taf. 35, Fig. 1, emend. Schenk, »Die fossile Flora der Grenzschichten des Keupers und Lias Frankens« (1867), pag. 58, und Tab. XII, Fig. 1—6; Tab. XIII, Fig. 4—10. — Moeller, »Bidr. till Bornholms foss. Flora«, Pteridofyter, Lund 1902, pag. 56, Tab. VI, Fig. 11, 12.

Die Synonymie siehe bei Moeller l. c.

Fundorte: Hinterholz, Pechgraben.

Die Abdrücke von *Sagenopteris* liegen in vielen Exemplaren vor. Es sind teils große, teils kleine Blätter. Zu beobachten waren:

a) *S. rhoifolia var. elongata Braun.* Vgl. Schenk, »Grenzschichten«, Tab. XII, Fig. 1—5.

b) *S. rhoifolia var. pusilla Braun.* Vgl. Schenk l. c., Fig. 6; Tab. XIII, Fig. 4, 5.

Bezüglich der Abgrenzung von *Sagenopteris rhoifolia* von den übrigen *Sagenopteris*-Arten verweise ich auf Seward, »Jur. Flora« I, pag. 165, und auf desselben Autors »Wealden Flora« I, pag. 132.

Equisetaceen.

16. *Equisetites Ungeri.*

Ettingshausen, »Beitr. zur Flora der Vorwelt« II: »*Monographia Calamariarum fossilium*«, Haidingers Naturw. Abh., IV. Bd., I. Abt., Wien 1865, pag. 90 (Sep.-Abdr., pag. 26), Tab. VIII, Fig. 3, 4.

Fundorte: Hinterholz, Pechgraben und Grossau.

Zahlreiche Reste in verschiedenen Erhaltungszuständen liegen vor.

Die von Ettingshausen gebotenen Abbildungen beziehen sich auf Exemplare von Hinterholz. Das Original befindet sich im k. k. naturhistorischen Hofmuseum.

Ginkgoaceen.

17. *Gingko sp.*

Fundort: Hinterholz.

Nur ein einziges Blatt vorhanden. Es gehört möglicherweise zu *? Ginkgo sibirica.* Moeller, »Bornh. foss. Flora«. Gymnospermer, Stockholm 1903, pag. 28, Tab. IV, Fig. 20.

18. *Baiera Wiesneri n. sp.*

Spreite der Blätter in wiederholt gegabelte Lappen von kaum 1 *mm* Breite geteilt. Die Lappen sind durchaus ganzrandig und einnervig, stets vielmal länger als breit und parallelwandig.

Fundort: Hinterholz.

Ähnlich sind kleine Blätter von *Baiera Münsteriana Heer* (*Jeanpaulia Münsteriana Schenk*) und *Baiera dichotoma C. F. Braun* (*Jeanpaulia dichotoma Ung.*). Sie sind jedoch durch größere Breite, Nichtparallelität der Lappenseiten und Mehrnervigkeit verschieden. Von der *Baiera Lindleyana Schimperi* des englischen Oolith ist *B. Wiesneri* gleichfalls leicht zu unterscheiden, da erstere deutlich zugespitzte Segmente besitzt.

19. *Baiera taeniata Braun.*

Fundorte: Pechgraben, Gresten, Bernreuth.

Die Belegstücke stimmen mit den von Schenk, Flora der Grenzschichten, gegebenen Abbildungen dieser Art aus rhätischen Schichten gut überein.

Cycadophyten.

20. *Podozamites lanceolatus (L. et H.) F. Braun, forma distans Heer.*

Zitate und Synonyme siehe bei Moeller, »Bornh. foss. Fl.«. Gymnospermer 1906, pag. 6.

Fundort: Hinterholz.

21. *Podozamites Schenkii.*

Heer, »Beitr. zur Juraflora Ostsibir. und des Amurlandes«, Petersburg 1876, pag. 45.

Zamites angustifolius. Schenk, »Flora der Grenzschichten« (1867), pag. 158, Tab. XXXV, Fig. 8.

Zitate und Synonymie bei Moeller l. c., pag. 10.

Fundort: Hinterholz.

22. *Pterophyllum Andraei.*

Stur, »Geologie der Steiermark«, Graz 1871, pag. 464. *Nomen nudum!*

Fundorte: Pechgraben, Hinterholz.

Identisch mit der von Andrae, »Flora Siebenbürgens und des Banates«, pag. 41, als *Pterophyllum longifolium Brong.* beschriebenen und Taf. X, Fig. 1 seiner Abhandlung abgebildeten Art, für die er als Fundort unter anderen auch Hinterholz angibt.

23. *Pterophyllum conf. crassinerve Goepp.*

Fundorte: Hinterholz, Pechgraben.

Ein Exemplar von Hinterholz stimmt gut zu der Abbildung von Schenk »Grenzschichten« Tab. XXXIX, Fig. 6. Damit stimmt wieder in Habitus und Maßen *Pterophyllum inaequale Stur* von Pechgraben überein.

24. *Pterophyllum grestense Stur.*

Fundort: Gresten.

Nur dürftige Fragmente liegen vor. In den erkennbaren Merkmalen (dünne Rippen, zarte Nerven, Schnitt und Maße der Abschnitte) gleicht *Pterophyllum grestense Stur* vollkommen dem *Pterophyllum Morrisianum Oldh.* von »Bindrabun N. W. of Rajmahal Hills«, der »Foss. Flora of the Gondwanana« System in India, Vol. I, pag. 20, Tab. XV, Fig. 1, die eine Endpartie und wie auch das Stursche Belegstück den Abdruck der Oberseite darstellt.

25. *Dioonites Carnallianus.*

Bornemann, »Über organische Reste der Lettenkohlengruppe Thüringens«, Leipzig (1856), pag. 56.

Pterophyllum Carnallianum Goeppert, Jahresber. d. schles. Gesellsch. für 1843, pag. 132, Tab. I, Fig. 5. — Schenk, »Flora der Grenzschichten« (1867), pag. 163, Tab. XXXIX, Fig. 4.

Fundorte: Hinterholz, Gresten.

Das Exemplar von Gresten ist das Original von „*Pterophyllum sp. Stur*".

Die vorläufig nur als *Dioonites Carnallianus* determinierbaren Reste bedürfen noch weiterer Beobachtung. *Dioonites spectabilis Nath.* und *Pterophyllum irregulare Nath.* sind ähnlich.

26. *Ptilozamites acuminatus.*

Nathorst, »Floran vid Bjuf« (1879), pag. 62, Tab. XVIII, Fig. 1.

Fundort: Bernreuth.

Stur hat den einzigen bisher zutage geförderten Abdruck,

der zwei bessere und ein schlecht erhaltenes Blattfragment aufweist, mit dem Namen *Nilssonia Neuberi Stur* versehen.

27. *Nilssonia polymorpha.*

Schenk, »Flora der Grenzschichten« — (1867), pag. 127, Tab. XXIX, XXX, Fig. 1—5, XXXI, Fig. 1. — Nathorst, »Bidr. till Sveriges foss. flora« (1876), pag. 40, Tab. VIII, Fig. 2—15, IX—XI. — Moeller, »Bidr. till Bornholms fossila Flora«. Gymnospermer (1903), pag. 21.

Weitere Zitate siehe bei Nathorst und Moeller.

Fundort: Hinterholz.

In der Sammlung des Hofmuseums in schönen Exemplaren und in verschiedenen Entwicklungsstadien der Blätter.

28. *Nilssonia mediana (Leckenb.) Fox—Strangways.*

Fundort: Hinterholz.

In den Formenkreis dieser Art oder in ihre nächste Verwandtschaft gehören Reste eines segmentierten Blattes, die mit der von Seward, »Jurassic Flora« I, Tab. IV, Fig. 4, gebotenen Abbildung von *Nilssonia mediana* gut übereinstimmen.

Das einzige mir bekannt gewordene Fragment ist zugleich das Originalexemplar von „*Pterophyllum sequens Stur*“ (Musealname!).

Koniferen.

29. *Schizolepis Follini.*

Nathorst, »Bidrag till Sveriges foss. Flora« (1876), pag. 58, Tab. XIV, Fig. 7—12, XV, Fig. 3—12, XVI, Fig. 2. — *Pityophyllum Follini.* Moeller, »Bidr. till foss. Flora«. Gymnospermer (1903), pag. 39, Tab. VI, Fig. 6, 7.

Weitere Zitate siehe bei Moeller.

Fundorte: Hinterholz, Pechgraben, Bernreuth.

Es liegen bis jetzt ausschließlich die Abdrücke beblätterter Sprosse vor.

30. *Pityophyllum alpinum n. sp.*

Blätter nadelförmig zugespitzt mit einseitig scharf hervortretendem Mittelnerv ohne Querstreifen.

Fundort: Hinterholz.

Von *Pityophyllum Staratschini Nath.* (aus dem oberen Jura von Spitzbergen), dem unsere Art am nächsten kommt und in der Zu-

spitzung gleicht, durch den Mangel an Querrunzeln leicht zu unterscheiden.

Bezüglich *Pityophyllum Staratschini (Heer) Nath.* bemerke ich, daß man die maßgebenden Abbildungen bei Nathorst: »Zur mesozoischen Flora Spitzbergens« (K. Sv. vetensk. — Akad. Handb., Bd. XXX, Nr. 1, 1867, Tab. VI, Fig. 28—30, V, Fig. 32—36, Text pag. 68) findet. Daselbst gibt Nathorst auch der Meinung Ausdruck, daß *Pinites Staratschini* nicht (wie es Schenk, »Paläophytologie«, pag. 345 will) mit *Pinus Nordenskiöldi Heer* zu vereinigen ist, sondern durch den Mangel einer Rinne auf der Oberfläche davon verschieden ist. Die *Staratschini*-Blätter scheinen überdies länger und oft etwas sichelförmig gebogen zu sein.

31. *Palissya pugio n. sp.*

Von *Palissya Braunii Endl.* durch die scharf zugespitzten Blätter verschieden.

Fundort: Hinterholz.

Schlußwort.

Ich versage es mir, an dieser Stelle die Beziehungen der »Grestener Flora« zu den übrigen Liasfloren und den rhätischen und Oolithfloren zu erläutern, da ich der Meinung bin, es müsse zunächst noch an einer kritischen Sichtung der übrigen Lokalfloren der Grestener Schichten gearbeitet werden.

Ökologische Studien über die sogenannten »Knieholzwiesen« des Isergebirges

von

Viktor Schiffner (Wien).

Mit 1 Textfigur.

Eingelangt am 20. Oktober 1907.

Das Isergebirge, der nordwestlichste Abschnitt des Sudetenzuges, ist landschaftlich, geologisch und pflanzengeographisch von dem im Westen angrenzenden Lausitzer Gebirge und dem nordböhmischen Berglande (um Böhmisch-Leipa, Zwickau, Gabel) recht scharf unterschieden. In diesen letztgenannten Gebieten sind die niederen Lagen von Quadersandstein und Pläner gebildet, denen hie und da größere alluviale Bildungen und vorzüglich Löß auflagern; sie sind bedeckt mit Kiefernwäldern, Heiden, Wiesen und Kulturland, Moore (meistens Hochmoore) und Erlbrüche fehlen nicht. Die Wasserläufe bilden oft tief eingeschnittene, cañonartige, stets feuchte Schluchten mit grotesken Felswänden und einer überaus üppigen Vegetation hygrophiler Pflanzen. Die Berge dieser Gebiete sind fast durchaus vulkanische Durchbrüche (Basalt und Phonolith herrschen vor), die sich entweder über das oben geschilderte Niveau als einzelne, oft prächtig geformte Kegel oder Kuppen erheben, die bisweilen von Burgruinen gekrönt sind, oder sich zu gebirgsartigen Massen mit hübsch gestalteten Spitzen aneinander drängen, wie dies besonders im nördlichen Teile gegen die sächsische Landesgrenze der Fall ist. Diese Berge und Gebirge sind meist mit herrlichen Buchenwäldern oder Mischwäldern bedeckt (Fichten, Tannen, Buchen, denen sich spärlich andere Laubholzarten, wie Ahorne, Eichen, Hainbuche etc.) beigesellen. Alles dieses vereinigt sich zu einem abwechslungsreichen Bilde von einer herzerfreuenden Lieblichkeit, wie man dies selten in einer mitteleuropäischen Landschaft vereint finden wird [1]).

[1]) Um mich als Sohn dieses Landes vor dem Vorwurfe etwaiger Voreingenommenheit zu schützen, kann ich mich auf das bekannte Urteil von Al. v. Humboldt berufen.

Das Isergebirge ist in jeder Beziehung anders geartet. Die Hauptmasse des Gebirges besteht aus krystallinischem Massengestein (Granitit), dem im Norden der Reihe nach Gneis, Glimmerschiefer (wenig) und Tonschiefer angelagert sind; daran schließen sich weiter gegen Norden in der Gegend von Neustadtl und Friedland Tonschiefer, die vielfach unterbrochen werden von diluvialen Bildungen, Basaltdurchbrüchen und basaltischen Tuffen, jedoch gehört diese letztere Gegend schon nicht mehr zum Isergebirge, sondern zum nordöstlichen Teile des Lausitzer Gebirges. Gegen Westen bildet der Abfall des granitischen Massivs zugleich die Grenze unseres Gebirges und im Süden und Osten reicht das erwähnte Massiv noch weit über die Grenzen des Gebirges hinaus. Von einigermaßen bedeutenderen diluvialen Ablagerungen findet sich nur eine im Bereiche des Gebirges: längs der kleinen Iser, eine zweite am nördlichen Fuße längs der Wittig in der Gegend von Haindorf gehört eigentlich nicht mehr zum Isergebirge, sondern hängt mit den großen diluvialen Ablagerungen von Friedland und Neustadtl im östlichen Lausitzer Gebirge zusammen. Der einzige vulkanische Durchbruch im Isergebirge ist die rundliche Basaltkuppe des Buchberges bei Klein-Iser.

Das Isergebirge besteht also im wesentlichen aus Urgestein und dieser geologischen Beschaffenheit gemäß ist auch der Landschaftscharakter ein ganz anderer als in dem benachbarten, früher kurz geschilderten nordböhmischen Berglande. Die Kegelform der Berge fehlt dem Isergebirge; breit und behaglich strecken sich seine Kämme in sanften Wellenlinien dahin und nur hie und da erhebt sich die Kontur zu einer breiten, flachen Kuppe. Sehr charakteristisch für das Gebirge und dessen landschaftlichen Reiz wesentlich erhöhend sind die burgartigen Felsgruppen, die sich zahlreich über die Kämme erheben[1]) (zum Beispiel am Käuligen Berge, Sieghübel, Die Beersteine, Das Taubenhaus usw.). Zwischen den Kämmen stürzen in tiefen, oft schluchtartigen Tälern die größeren Bäche herab (Wittig, Stolpich, Desse, Hegebach usw.) und allenthalben sind die finsteren Fichtenwälder durchrieselt von munteren Quellen und schäumenden Bächlein. Der Waldboden ist überall frisch, ja vorherrschend sogar naß bis sumpfig und die enorme Feuchtigkeit des Gebirges wird in unzähligen kleineren und größeren Waldsphagneten wie in einem riesigen Schwamme gespeichert, so

[1]) Ähnliche Erscheinungen im Riesengebirge sind die Mittagssteine, Dreisteine, Mädelstein usw.

daß man das Isergebirge wohl als das wasserreichste Gebirge Mitteleuropas bezeichnen kann.

Der Vegetationscharakter des Isergebirges ist ein entschieden sudetischer und stimmt in allen wesentlichen Punkten mit dem der niederen Region des Riesengebirges (Fichtenregion) überein. Das Isergebirge ist fast lückenlos mit Fichtenwäldern bedeckt, nur selten mischen sich Buchen und andere Holzarten spärlich ein. Nur der obenerwähnte Basaltkegel des Buchberges weist typischen Buchenwald auf und gleicht physiognomisch ganz den vulkanischen Kegelbergen des nordböhmischen Berglandes. Besonders erwähnt muß noch werden, daß im Isergebirge der Fichtenwald bis auf die Gipfel hinaufreicht (Tafelfichte als höchster Punkt des Gebirges 1122 *m*), ein Sorbusgürtel, wie sich ein solcher gegen die obere Waldgrenze im Riesengebirge findet, fehlt hier; überhaupt liegt die Fichtenwaldgrenze im Riesengebirge viel tiefer, schon bei rund 1000 *m* Seehöhe.

Kulturland (Äcker und selbst künstliche Wiesen) fehlen im Isergebirge so gut wie gänzlich und ebenso größere Ortschaften, wenn man von den am Fuße des Gebirges gelegenen (zum Beispiel Weisbach) absieht; es ist ein echtes Waldgebirge, dessen fast allenthalben lückenlos geschlossenen Forste im wesentlichen nur durch die prächtig angelegten, zum Teil sehr kunstvollen Straßen (zum Beispiel die Stolpichstraße) und durch jene Moorflächen unterbrochen werden, welche man dort als »Wiesen« oder »Knieholzwiesen« bezeichnet.

Dieselben sind die eigenartigste und charakteristischeste Formation des Isergebirges und mit ihnen will ich mich hier nunmehr ausschließlich beschäftigen.

Diese »Wiesen« sind Gebirglands-Hochmoore, durchweg den hohen Lagen des Isergebirges angehörig und finden sich im ganzen Gebirge zerstreut in Höhen zwischen 830 bis 1025 *m*. Es mögen hier gleich die sämtlichen Wiesen mit ihren bei den Forstleuten gebräuchlichen (respektive in den Revierkarten eingezeichneten) Namen aufgezählt werden unter Beifügung der Seehöhe:

1. Schöne Wiese (900 *m*).
2. Große Iserwiese (830 *m*).
3. Kleine Iserwiese oder Sauere Ebene (860—865·5 *m*).
4. Carré-Wiese (937 *m*).
5. Die Schwarzen Teiche (910 *m*).

6. Knieholzwiese am sogenannten Strittstück an der Landesgrenze (835—840 *m*).
7. Große Knieholzwiese (985 *m*).
8. Kleine Knieholzwiese (967 *m*)
9. Wiese unter dem Börnelhause (885 *m*).
10. Knieholzwiese ober der Kneiphütte (1002 *m*).
11. Wolfswiese (1020—1025 *m*).
12. Tschihadlwiese (972 *m*).
13. Knieholzwiesen am Christianthaler Steige und beim Taubenhaus (1000 *m*).

Mit Ausnahme der sub 13 genannten, nach Angabe der Forstleute ziemlich unbedeutenden Wiesen habe ich alle selbst genau untersucht.[1])

Der landschaftliche Charakter der beiden größten Wiesen des Gebirges, der Kleinen und Großen Iserwiese, entspricht ziemlich dem der höchstgelegenen Gebirgsmoore des Erzgebirges (bei Gottesgab) und einigen sogenannten »Filzen« des Böhmerwaldes, ja selbst die großen Hochmoorflächen auf dem Kamme des Riesengebirges (z. B. der Koppenplan und die Weiße Wiese) sind stellenweise habituell nicht unähnlich, obwohl ihnen als Hintergrund die Umrahmung mit Fichtenhochwald fehlt. Diese beiden genannten Wiesen zeichnen sich nicht nur durch ihre große Ausdehnung in der Längsrichtung, sondern vor allem auch durch ihre sehr unregelmäßigen Konturen und durch reiche Abwechslung in ihrer Beschaffenheit aus. Hier sieht man dichte, dort ganz schüttere dunkle Knieholzbestände, an einer anderen Stelle das in seiner Moos- und Blütenpflanzendecke buntscheckige nackte Torfmoor, dazwischen schwarze Moorpfützen oder prächtig grüne, von weitem eine üppige Wiese vortäuschende Flächen des heimtückischen »schwimmenden Moores«, und mitten durch schneiden sanft gewunden die silberglitzernden Bänder der Bäche (die Kleine und Große Iser) mit bald schroffen, bald flachen sandig-schotterigen Ufern. (Vgl. die Abbildung pag. 465.)

Ein ganz anderes Bild bietet die Mehrzahl der kleineren Wiesen. Sie haben meistens eine mehr weniger regelmäßige Kreisform; wie kleine Seen liegen sie mitten im Fichtenhoch-

[1]) In Čelakovskys *Prodromus* der Flora von Böhmen sind nur wenige Pflanzen von der Großen und Kleinen Iserwiese, der Tschihadlwiese und einer nicht mit Namen bezeichneten Wiese (vielleicht die Wiese ober der Kneiphütte?) angeführt. Die übrigen waren bisher botanisch ganz unbekannt.

wald da und die auffallendste Erscheinung ist, daß die Wiese ganz unvermittelt an den Hochwald angrenzt, der sie umschließt, wie eine düstere Mauer. Die Fläche der Wiese selbst ist gewöhnlich gleichmäßig mit niederen Knieholzbüschen übersät; bisweilen treten in den Knieholzbeständen aber größere Lücken hervor, wo die Moorfläche selbst mit ihrer Moos- und Rasendecke zutage tritt und manchmal treten hier die unheimlich tiefen Moortümpel auf, welche man im Isergebirge »Teiche« nennt. Wie tiefschwarze Spiegel liegen diese regungslosen, dunklen Wasserflächen in dem bunten Rahmen der Wiese.

Das charakteristische Aussehen der Wiesen verrät ganz deutlich ihre Entstehungsweise. An muldenartigen Stellen im Walde mit undurchlässigem Grunde haben sich die Grundwässer angesammelt. Auf der schlammigen Fläche haben sich erst Torfmoose und andere Laubmoose angesiedelt, dann kamen die Rasenbildner dazu, zuletzt die Kleinsträucher und endlich das Knieholz und die Birkensträucher. Der Hochwald kann aber keinen Zoll breit auf diese wenig soliden Flächen vordringen, wodurch sich die scharfen Grenzen erklären, die fast den Eindruck des künstlich Geschaffenen hervorbringen.

Die Pflanzendecke der Knieholzwiesen des Isergebirges wird von einer ganz charakteristischen Pflanzengemeinschaft gebildet. Wenn auch auf der einen oder anderen Wiese diese oder jene Glieder der Gesellschaft fehlen, so ist doch die Zusammensetzung auf allen Wiesen im wesentlichen gleich und die Charakterpflanzen kehren allenthalben wieder. Es ist daher möglich, eine Liste der Glieder dieser Pflanzengemeinschaft aufzustellen, wobei die besonders charakteristischen Arten durch ein vorgesetztes † ausgezeichnet werden sollen.

A. Holzgewächse (Sträucher und Kleinsträucher).

Picea excelsa. — Höhere Bäume fehlen den Wiesen gänzlich, durch welchen Umstand hauptsächlich ihr charakteristisches Aussehen bedingt wird. Die Fichte tritt in kleinen, etwas verkrüppelten Exemplaren, z. B. auf der Großen Iserwiese, auf, aber immer nur an Stellen mit festem Grunde (so am Ufer der Großen Iser), die ihrer ganzen Beschaffenheit nach nicht eigentlich zum Moor gehören. Auf der Carréwiese vertritt sie das Knieholz in einer kaum meterhohen Krüppelform. Die Fichte gehört also nicht unter die Charakterpflanzen unserer Pflanzengemeinschaft.

†*Pinus montana var. pumilio* (= *P. pumilio Haenke*). — Eine der charakteristischesten Pflanzen der Wiesen! Sie fehlt nur ausnahmsweise. Im Isergebirge gehört das »Knieholz« nahezu ausschließlich den Wiesen an. Mir ist nur eine Stelle im Isergebirge bekannt, wo es auch auf Felsen vorkommt[1]), nämlich unter dem Gipfel des Sieghübels auf der Nordseite.

†*Juniperus nana*. — Bildet stellenweise ausgedehnte Bestände, die denen von *P. montana* habituell ähnlich sind. Dieselben sind rein oder mit Knieholz durchsetzt und gehören zu den eigentümlichsten Erscheinungen. Ich erinnere mich nicht irgendwo sonst *J. nana* unter ähnlichen Verhältnissen gesehen zu haben. In den Nordalpen bildet *J. nana* z. B. bisweilen Massenvegetation mit *Pinus montana*, *Rhododendron* und *P. Cembra* nahe der Baumgrenze auf trockenem Substrat.

†*Betula carpathica*. — Stets strauchig, nirgends dichtere Bestände bildend (wie z. B. auf einigen Filzen des Böhmerwaldes), meistens nur ganz vereinzelt. Sie kommt in zwei Formen vor, mit behaarten und glatten Zweigen, die beide bisweilen auf derselben Wiese gemeinsam wachsen.

Betula nana. — Ist im Isergebirge eine Seltenheit; dasselbe gilt von *Salix myrtilloides*, die mir nur von der Großen Iserwiese bekannt ist.

Salix aurita und *S. repens* dürften sich hie und da vereinzelt finden. Ich habe sie nicht verzeichnet, jedenfalls sind sie kein charakteristischer Bestandteil der Gemeinschaft.

Salix purpurea. — Auf einigen Wiesen vereinzelte Exemplare.

†*Empetrum nigrum*. — Fast auf allen Wiesen in großer Menge, aber wenig auffallend, weil stets einzeln die Torfmoospolster durchsetzend. Dasselbe gilt von den beiden folgenden Arten.

†*Andromeda polifolia* und †*Oxycoccus palustris*.

†*Vaccinium uliginosum*. — Sehr charakteristische Pflanze, bildet oft Massenvegetation.

Vaccinium Myrtillus und *V. Vitis idaea* treten nur hie und da an trockenen Stellen, besonders am Rande der Wiesen, auf.

Calluna vulgaris. — Nur hie und da und nirgends sehr massenhaft, meistens nicht blühend.

[1]) Derartiges Vorkommen des Knieholzes ist im Böhmerwalde sehr gewöhnlich (z. B. Blöckensteiner See, Arber, Rachel, Lusen etc.).

B. Rasenbildende Pflanzen.

Molinia caerulea. — Häufig, gewöhnlich aber nicht zusammenhängende Bestände bildend.

Deschampsia caespitosa. — Wie vorige, doch weniger allgemein verbreitet.

Deschampsia flexuosa. — Nicht eigentlich der Formation angehörend, vom benachbarten Walde gelegentlich herübergreifend.

Agrostis vulgaris. — Wie vorige.

Agrostis canina. — An mehr wiesenartigen Stellen.

Nardus stricta. — Massenhaft nur auf trockenem Moor.

†*Carex pauciflora.* — Auf fast allen Wiesen reichliche Charakterpflanze.

Carex canescens. — An etwas trockenen Stellen besonders häufig.

Carex chordorhiza. — Selten (Gr. Iserwiese).

Carex vulgaris. — Sehr verbreitet, oft sehr reichlich, Kaupen bildend.

Carex echinata. — Wie *C. canescens*, stellenweise wiesenartige Massenvegetation bildend.

Carex filiformis. — Selten und nirgends besonders hervortretend.

†*Carex limosa.* — Hervorragende Charakterpflanze der Formation. Wächst auf von *Sphagnum* freiem Moor und um die Moortümpel.

†*Eriophorum vaginatum.* — Einer der wichtigsten Rasenbildner der Formation. Bildet gern Kaupen im tiefen Moor.

Eriophorum angustifolium. — Viel seltener, kaum Massenvegetation bildend [1]).

†*Trichophorum caespitosum.* — Wichtigster Rasenbildner und hervorragende Charakterpflanze der Knieholzwiesen. Bildet meistens Kaupen im tiefen Moor.

Juncus filiformis. — Verbreitet, aber nirgends sehr hervortretend.

†*Juncus squarrosus.* — Wichtiger Rasenbildner, allgemein verbreitet auf den Wiesen.

†*Scheuchzeria palustris.* — Hervorragende Charakterpflanze, wächst wie *Carex limosa* — und meistens mit dieser gemeinsam, ist auf sehr vielen Wiesen verbreitet, bildet aber nirgends Massenvegetation.

---

[1]) *Eriophorum latifolium* und vielleicht auch *E. gracile* dürften sich noch nachweisen lassen, sicher sind sie nirgends massig.

C. Krautartige Pflanzen, die einzeln zwischen Rasen- und Moospolstern wachsen.

Chrysosplenium alternifolium. — Selten, an sehr nassen Stellen besonders im schwimmenden Moor.

Montia fontana. — Wie vorige. An sehr nassen Stellen bisweilen in großer Masse.

Viola palustris. — Zerstreut zwischen Moosen, besonders auf sehr tiefem Moor.

Drosera rotundifolia. — Auf *Sphagnum*-Polstern, einzeln oder gesellig; verbreitet.

Rubus Chamaemorus. — Große Seltenheit (auf der Gr. Iserwiese nach Wimmer).

Tormentilla erecta. — Verbreitet.

Epilobium palustre var. hyssopifolium. — Auf der Gr. Iserwiese.

Lotus uliginosus. — Stellenweise, meist vereinzelt.

Melampyrum pratense. — An nicht sehr feuchten Stellen mit *Calluna*; stellenweise.

Trientalis europaea. — Nicht überall, jedoch stellenweise nicht selten.

Swertia perennis. — Ist vom Buchberge angegeben und dürfte sich (spärlich) auch auf der Kleinen Iserwiese finden.

Homogyne alpina. — Im Isergebirge sehr häufig und geht bisweilen auch auf die Wiesen, ohne dieser Formation eigentlich anzugehören.

Gnaphalium norvegicum. — Sporadisch (Große Iserwiese).

Gnaphalium dioicum. — An trockeneren Stellen, für die Formation wenig charakteristisch.

Leontodon hastilis. — Gelegentlich auf den Wiesen, nicht selbst der Formation angehörig.

Hieracium crocatum. — Selten (Iserwiesen).

Hieracium aurantiacum. — Nur lokal und selten (Große Iserwiese).

Lycopodium inundatum. — Von Limpricht auf der Großen Iserwiese angegeben (höchster Standort in den Sudeten!).

D. Moose und Flechten.

Für die Vegetation der Knieholzwiesen sind die Moose vielleicht der wichtigste Faktor, da einige von ihnen Massenvegetation bilden, die auf das Gesamtbild mitbestimmend wirkt.

In erster Reihe stehen in dieser Beziehung die *Sphagna*.

†*Sphagnum Dusenii*, bildet wohl die Hauptmasse der Torfmoosvegetation in und an den Moortümpeln; besonders in den *Var. molle Warnst.* und *aquaticum Warnst.*, letztere schwimmende Watten bildend in den Moortümpeln (»Teichen«).

Sph. recurvum. — Sehr reichlich.

Sph. parvifolium. — Ebenso massenhaft.

Sph. cuspidatum. — Wie *Sph. Dusenii*, aber unvergleichlich seltener; nur stellenweise.

Sph. balticum. — Südlichster Fundort dieser zierlichen Pflanze! Selten.

Sph. riparium. — Nicht auf allen Wiesen (reichlich auf der Großen Iserwiese), häufiger und oft in großen Massen in den Waldsümpfen rings um die Wiesen.

†*Sph. molluscum.* — Nur auf einzelnen Wiesen (beide Iserwiesen, Schwarze Teiche), aber daselbst reichlich und charakteristisch.

†*Sph. rubellum.* — Auf den meisten Wiesen reichlich, mit seinen schönen roten Farbentönen eine wahre Zierde derselben!

†*Sph. fuscum.* — Fast für alle Wiesen sehr charakteristisch; oft Massenvegetation bildend.

†*Sph. Girgensohnii.* — In größeren Massen längs der Kleinen Iser auf der Kleinen Iserwiese. Gehört kaum der Vegetation der Wiesen als charakteristischer Bestandteil an; ist in den Waldmooren rings um die Wiesen gemein.

Sph. rigidum. — Nur wenig.

†*Sph. medium.* — Sehr verbreitet, oft ziemlich massenhaft.

Sph. papillosum. — Hie und da, auf der Tschihadlwiese eine interessante *f. submersa.*

Dicranella heteromalla und *D. cerviculata* häufig an Torfgräben.

Dicranum scoparium. — An trockenen Stellen, selbst auf Knieholz verbreitet. — *Var. uliginosum mihi* auf Moorboden stellenweise sehr reichlich.

†*Dic. congestum var. flexicaule.* — Auf manchen Wiesen massenhaft (Tschihadlwiese) mit voriger.

†*Dic. Bergeri.* — Für einige Wiesen höchst charakteristisch.

Racomitrium canescens. — Nur auf sehr trockenen Stellen (zum Beispiel Sandbänke der Großen Iser).

Splachnum ampullaceum und *Spl. sphaericum.* — Selten auf beiden Iserwiesen.

Bryum pseudotriquetrum. — Stellenweise.

Mnium punctatum. — (Besonders in der *Var. elatum.*) — Vorzüglich auf schwimmendem Moor.

†*Mn. cinclidioides.* – In Moorlöchern (besonders Große Iserwiese).

Aulacomnium palustre. — Reichlich (besonders Rasen bildend zwischen Sphagnumpolstern).

Philonotis fontana. — An sehr nassen Stellen verbreitet.

Atrichum tenellum. — Große Iserwiese.

†*Polytrichum strictum.* — Meist häufig zwischen Sphagnen.

Pol. commune. — Reine Rasen oder zwischen Sphagnen, sehr verbreitet.

Pol. gracile. — Sehr zerstreut.

Fontinalis gracilis. — In der Iser auf der Großen Iserwiese.

Brachythecium rivulare. — Nur stellenweise, auch auf schwimmendem Moor, zum Beispiel Große Iserwiese.

Hypnum cordifolium. — Wie voriges.

H. stramineum. — Mehr verbreitet, an sehr nassen Stellen.

†*H. fluitans.* — Eine für die Vegetation der Wiesen höchst charakteristische Pflanze, die an sehr nassen Stellen und an Moorpfützen Massenvegetation bildet (auch die *Var. falcatum*) und oft fruchtet. In den großen Moortümpeln (»Teichen«) bildet die *Var. submersum* einen Hauptbestandteil der schwimmenden Mooswatten.

H. purpurascens. — An sehr feuchten Stellen, sehr zerstreut.

H. Rotae, H. ochraceum, H. pallescens, alle drei von der Großen Iserwiese angegeben.

†*Lophozia inflata.* — Massenvegetation auf Torfboden, an und in Gräben und als *Var. laxa* große Watten bildend in Moortümpeln.

†*L. Floerkei.* — Massenvegetation an und in Gräben und auf Moorboden (fast durchaus Formen der Reihe *squarrosa N. ab E.*).

L. Kunzeana var. laxa. — Große Iserwiese (ganz isolierter Standort dieser interessanten Pflanze!).

L. incisa. — An Moorgräben hie und da.

Anastrepta orcadensis. — Nur selten auf den Wiesen, sonst auf Felsen.

†*Leptoscyphus anomalus.* — Auf den meisten Wiesen verbreitet.

Odontoschisma Spagni. — Große Iserwiese.

Harpanthus Flotowianus. — Große Iserwiese; stellenweise an sehr nassen Stellen fast Massenvegetation.

†*Cephalozia fluitans.* — Schwimmende Watten in einigen Moortümpeln bildend, ganz wie die schwimmenden Formen von *Loph. inflata* (Schwarze Teiche, Schöne Wiese).

Bazzania triangularis. — Große Iserwiese. Wohl kaum der eigentlichen Wiesenflora angehörend!

Ptilidium pulcherrimum. — An Knieholz nicht häufig.

Ptilidium ciliare. — Auf Torfboden (Knieholzwiese bei den Schwarzen Teichen und beim Taubenhaus!).

Von charakteristischen Flechten sind nur zu nennen: *Cetraria islandica* und *Cladonia rangiferina*; erstere flüchtet an zu nassen Stellen auf die Äste des Knieholzes, letztere bildet an trockeneren Stellen Massenvegetation.

Man kann diese Liste noch weiter ergänzen aus meinen Angaben über die Moosflora des Isergebirges, die gegenwärtig in der Zeitschrift »Lotos« in Prag erscheinen, hier sind nur die wichtigeren Arten angeführt worden. — Die verschiedenen Schriften von F. Matouschek über die Moosflora des Isergebirges enthalten nur sehr vereinzelte Angaben über die Moose der Knieholzwiesen. Ebenso beziehen sich fast sämtliche Angaben von Limpricht nur auf die beiden Iserwiesen.

Spezieller Teil.

Da fast jede der »Wiesen« des Isergebirges im Detail ihre ökologischen Sonderheiten aufweist, so will ich im folgenden versuchen, von jeder derselben in wenigen Zügen ein möglichst anschauliches Bild zu entwerfen. Einzelne habe ich in verschiedenen Jahren in bryologischer Beziehung durchsucht und im Sommer des Jahres 1898 verbrachte ich über einen Monat auf dem Wittighause, von wo aus ich ziemlich alle Knieholzwiesen des Isergebirges genauer studieren konnte, wobei ich mich öfters der ortskundigen Führung des Herrn Försters Hub zu erfreuen hatte[1]), dem ich auch für manche topographische Angaben zu Danke verpflichtet bin und der mich Einsicht nehmen ließ in die vorzüglich geführten Revierkarten.

1. Die »Schöne Wiese«.

Sie ist NO vom Wittighause, etwa 1 Kilometer links von der Iserstraße entfernt gelegen in einer Höhe von 900 *m*. Sie verdient ihren Namen mit vollem Rechte, denn landschaftlich dürfte sie wohl die schönste der Knieholzwiesen sein und zugleich stellt sie so recht den Typus der Knieholzwiesen dar. Dem Botaniker, welcher nur flüchtig das Isergebirge bereist und doch einen treffenden Ein-

[1]) Einige der Knieholzwiesen liegen mitten im pfadlosen, wilden Forst, so daß ihre Auffindung ohne forstmännische Führung einem mit den topographischen Verhältnissen nicht völlig Vertrauten kaum gelingen wird.

druck von der hochinteressanten Formation der Knieholzwiesen gewinnen will, kann der Besuch dieser höchst charakteristischen Wiese sozusagen als Paradigma dienen.

Die ziemlich große, fast kreisrunde Wiese mißt etwa 300 × 250 *m* und ist mitten im wilden Fichtenhochwalde gelegen, der durch die zahlreichen Ronnen (verfaulende, gestürzte Stämme) und den oft sumpfigen, von Waldsphagneten bedeckten Grund einen fast urwaldartigen Charakter erhält. Die Grenze des Hochwaldes gegen die Wiese ist so scharf und unvermittelt, daß man durch das letzte Waldesdickicht hindurch einen kleinen See zu erblicken meint. Der Anblick der Wiese ist aber ein höchst überraschender. Auf der vorherrschend von gelben, grünen, goldbraunen und prächtig roten Torfmoospolstern gebildeten Grundfläche sind herrliche Gruppen von niedrigen (nur etwa 1 *m* hohen) dichten, schön geformten Knieholzbüschen verteilt, deren dichte Zweigmassen gleich hoch aufragen, als wären es von der Kunst des Gärtners gezogene Taxushecken eines französischen Parkes. Das parkartige Aussehen wird noch dadurch erhöht, daß einige Schneißen wie Parkwege durch die Knieholzbüsche geschlagen sind. Zwischen den Knieholzbüschen findet sich ein größerer Moortümpel, sonst tritt der schwarze Moorboden nur selten zwischen den Sphagnen und Cyperaceen zutage.

Außer dem Knieholz treten die Phanerogamen hier sehr zurück; nur spärlich mischen sich die für alle Wiesen so charakteristischen *Vaccinien*, *Trichophorum caespitosum*, *Eriophorum*, *Carices*, *Empetrum*, etc. zwischen die weitaus vorherrschenden *Sphagna*, gegen welchen auch die anderen Laub- und Lebermoose physiognomisch wenig zur Geltung kommen. Von den auf der Schönen Wiese beobachteten Bryophyten sind die charakteristischesten folgende: *Sphagnum Girgensohnii var. stachyodes*, *S. acutifolium var. versicolor* und *var. rubrum*, *S. fuscum* (meistens in wenig gebräunten Formen), *S. quinqueforium*, *S. medium* (nicht reichlich, oft nur zwischen *S. fuscum*), *S. Dusenii*, *S. recurvum var. amblyphyllum*, *Polytrichum strictum* (meist steril zwischen Sphagnen), *P. formosum*, *Hypnum fluitans* (oft fruchtend), auch *var. falcatum Br. eur.* und in dem Tümpel schwimmend *var. submersum Schmp.*, *Aulacomnium palustre*, *Lophozia Floerkei* reichlich in verschiedenen Formen, *L. inflata* (zumeist laxe bis submerse Formen), mit letzteren auch *Cephalozia fluitans*, *C. connivens*, *Leptoscyphus anomalus*, *Kantia trichomanis* (an trockeneren Stellen) und auf Ronnen und Knieholzstämmen am

Rande der Wiese: *Dicranum fuscescens, Lophozia porphyroleuca, Cephalozia leucantha, Hypnum pallescens* etc.

Westlich von der Schönen Wiese liegt ganz nahebei eine zweite Knieholzwiese, die kleiner (zirka 200 × 150 *m*), aber sonst ähnlich gestaltet ist; die freien mit *Sphagnum* bedeckten Flächen treten hier mehr hervor, das Knieholz ist spärlicher und mehr zerstreut.

Die Schöne Wiese ist zugleich Wasserscheide: gegen Norden abfließend das Schöne Wiesefloß, gegen Süden das Querfloß.

2. Kleine Knieholzwiese am sogen. Strittstück.

Diese kleine Wiese liegt 835—840 *m* hoch und hat eine Breite von etwa 200 *m*. Die Landesgrenze schneidet quer durch. Interessant ist hier, daß der umgebende Fichtenhochwald nicht scharf gegen die Wiese abfällt, sondern am Rande werden die Fichten niedriger bis fast krüppelhaft und mischen sich unter sie immer reichlicher hohe Knieholzbüsche, bis diese endlich die alleinige Herrschaft erlangen. Auf der Fläche der Wiese selbst sind die Knieholzbüsche niedriger, nur etwa mannshoch und ziemlich gleichmäßig verteilt. Größere Moortümpel (sogen. »Teiche«) fehlen, doch sind Lachen zwischen den Kaupen reichlich vorhanden, die nur sehr wenig schwimmende *Sphagna, Lophozia Floerkei* und *Hypna* enthalten. Die Kaupen sind fast ausschließlich von *Eriophorum vaginatum* gebildet; sie wechseln mit *Sphagnum*-Polstern ab, in denen recht viel *Andromeda, Oxycoccus* und *Empetrum* wächst. *Vaccinium uliginosum* bildet stellenweise größere Bestände. Besonders erwähnenswert ist das reichliche Vorkommen von *Calluna vulgaris*, die aber niedrig bleibt und nicht blüht.

Von der Wiese ziehen sich dann längs der Landesgrenze herab dichte, wüste Kiefernwälder des »Strittstückes« bis zur hier entspringenden Großen Iser, die dann weiter die Landesgrenze bildet und sich in vielen Windungen durch wilde, kaum durchdringliche Fichtenwälder hindurchschlängelt, welche viel gefallene, modernde Stämme und ein dichtes Kiefernunterholz aufweisen, wodurch sie einen fast urwaldartigen Charakter erhalten. Endlich tritt die Große Iser aus diesem Dickicht hervor und erreicht die obersten Knieholzbestände der Großen Iserwiese.

3. Die Grosse Iserwiese.

Es ist die größte und reichste Wiese des Gebirges; in einer Höhe von im Mittel 830 *m* von NW. gegen SO. in sanft hügeligen

Wellenlinien herabziehend, füllt sie in einer Länge von etwa $^1/_2$ Kilometer und in wechselnder Breite bis über 1000 *m* eine flache Talmulde zwischen zwei langgestreckten Bergrücken aus. Die Große Iser, einer der Quellbäche des Iserflusses, durchschneidet sie der ganzen Länge nach und bildet die Landesgrenze, so daß der westliche Teil der Wiese auf böhmischem, der östliche (linkes Ufer) auf preußischem Boden liegt. Längs der beiden Höhenzüge ist sie von hohem Fichtenwalde begrenzt und zieht sich von dort sanft hügelig gegen die Iser hinab. Allenthalben sind Knieholz-

Große Iserwiese. Im Hintergrunde der Fichtenhochwald, im Vordergrunde Knieholzbüsche und dazwischen freie Moorflächen. (Das Klischee wurde von dem Deutschen Gebirgsvereine für das Jeschken- und Isergebirge in Reichenberg freundlichst zur Verfügung gestellt.)

bestände vorhanden, die gegen die Ränder sehr dicht und hoch sind, gegen den mittleren Teil der Wiese werden die Knieholzbüsche schütterer und niedriger und sie erreichen auf den erhöhten, hügeligen Stellen kaum $^1/_2$ *m*. Interessant ist das massenhafte Auftreten von *Juniperus nana* in knieholzähnlichen Beständen, besonders längs der Iser und an den kleinen in dieselbe mündenden Bächlein, streckenweise große Flächen in reinem Bestande deckend. In den oberen Partien der Wiese überragen kleine Bäume von *Betula car-*

pathica (Form mit klebrigen Zweigen) und einzelne mittelgroße Fichten das Knieholz. Die behaarte Form der Birke tritt nur als kleinerer Strauch und nur vereinzelt auf, ebenso *Salix purpurea* und *Betula nana*.

Große Moortümpel (»Teiche«) fehlen, kleinere Moorlöcher sind aber reichlich vorhanden und in ihnen wächst hie und da das prächtige *Mnium cinclidioides*, das ich anderwärts im Isergebirge nirgends gefunden habe. An den von Knieholz und Zwergwacholder freien Stellen wechseln Kaupen von *Eriophorum vaginatum* und *Trichophorum caespitosum* (weniger), *Carex pauciflora* (letztere besonders massenhaft in den niederen östlichen Partien) und *Juncus squarrosus* (sehr reichlich) mit *Sphagnum*-Polstern ab, zwischen denen *Polytrichum strictum*, *P. commune*, *Empetrum*, *Andromeda*, etwas *Calluna*, *Carex vulgaris*, *Drosera rotundifolia* und *Viola palustris* wachsen.

Die *Sphagnum*-Polster sind wie auf den anderen Wiesen hauptsächlich gebildet von *Sph. recurvum*, *Sph. medium*, *Sph. fuscum*, *Sph. cymbifolium*, *Sph. rubellum*; stellenweise tritt aber auch das im Gebirge nur noch an wenigen Stellen wiederkehrende zierliche *Sph. molluscum* in großer Masse auf.

An trockeneren Stellen findet sich *Carex canescens* und *C. echinata*, letztere stellenweise große Strecken rasenartig bedeckend und dazwischen *Trientalis*, *Tormentilla*, *Gnaphalium dioicum*, *Cladonia rangiferina* (oft reichlich) und sogar *Leontodon hastilis*, *Agrostis canina* und *Deschampsia flexuosa*; *Cetraria islandica* und *Dicranum scoparium* flüchten aus dem für sie zu feuchten Moor meistens auf die Äste des Knieholzes.

Flächen von »schwimmendem Moor« finden sich besonders in den auch sonst sehr nassen unteren (NO) Partien; diese heimtückischen Flächen sehen für den Unkundigen recht harmlos aus, sie erscheinen wie üppige grüne Wiesen in dem gelblichen Moor. Hier wachsen üppig *Mnium punctatum var. elatum*, *Hypnum stramineum*, *H. purpurascens*, *Brachythecium rivulare*, *Harpanthus Flotowianus*, *Montia fontana*, *Chrysosplenium alternifolium*.

Am unteren SO Ende der Wiese liegt der ärmliche Weiler Groß-Iser, wo die Häuser schon von ziemlich guten süßen Wiesen umgeben sind, aber zwischen den zerstreuten Häusern des Ortes sieht man noch hie und da Knieholzgruppen oder selbst größere Bestände als letzte Ausläufer der Iserwiese.

Schließlich mögen hier noch einige wenige seltene Pflanzen erwähnt werden, die auf der Großen Iserwiese vorkommen, aber

sonst nicht oder nur sehr vereinzelt noch im Isergebirge gefunden werden: *Betula nana*, *Hieracium aurantiacum*, *H. crocatum*, *Gnaphalium norvegicum*, *Epilobium palustre var. hyssopifolium*, *Rubus chamaemorus*, *Lycopodium inundatum*. Von Moosen sind zu nennen: *Lophozia Kunzeana var. laxifolia*, *Chiloscyphus polyanthus var. erectus*, *Odontoschisma sphagni*, *Bazzania triangularis*, *Splachnum ampullaceum* und *Spl. sphaericum*, *Atrichum tenellum*, *Fontinalis gracilis* (in der Gr. Iser), *Hypnum Rotae*, *H. cordifolium*.

4. Die Kleine Iserwiese oder Sauere Ebene.

In einer Höhe von 860—865 *m* gelegen, mißt sie 1200 *m* in der Länge und 800 *m* in der Breite, hat also eine weniger langgestreckte Form. Auch sie bietet ein recht abwechslungsreiches Bild. Sie wird von der Kleinen Iser und von der Straße durchschnitten, welche vom Wittighause nach dem kleinen Orte Klein-Iser führt. Dieser Ort liegt am Fuße des Buchberges, der als stumpfer Kegel den Waldsaum der Wiese überragt. Auf der Fläche der Wiese wechseln große Knieholzbestände mit freien Moorflächen ab. Erstere finden sich besonders gegen die Mitte zu beiden Seiten der Iserstraße. Große offene Moorflächen (zum Teil schwimmendes Moor) liegen, die eine gegen den oberen Rand der Wiese, bis an die Hochwaldlisiere heranziehend, die andere liegt im unteren Teile der Wiese. Auf beiden herrschen mächtige *Sphagnum*-Polster vor (*S. recurvum*, *Dusenii*, *medium*, seltener *papillosum* und streckenweise im oberen Teile *S. molluscum*, daselbst auch reich fruchtend), *Leptoscyphus anomalus* und andere Lebermoose, sowie *Aulacomnium palustre*, *Hypnum stramineum* etc. wachsen dazwischen; von Blütenpflanzen besonders *Empetrum*, *Andromeda*, an trockenen Stellen etwas *Calluna* und streckenweise viel *Vaccinium Myrtillus* und *V. uliginosum*.

Besonders nasse Stellen nehmen Kaupen von *Trichophorum caespitosum*, *Eriophorum vaginatum* und spärlicher *Carex echinata* und andere *Carex*-Arten ein. Dazwischen sind Moorpfützen, in denen üppigst Formen von *Lophozia Floerkei* und *L. inflata*, sowie *Hypnum fluitans* gedeihen. Die beiden genannten Lebermoose habe ich nirgends so massenhaft gesehen als in zahlreichen Moorgräben, die man in dem Teile südlich von der Iserstraße angelegt hatte, um dort versuchsweise die Wiese mit Fichten zu bepflanzen, ein Versuch, der gänzlich mißglückte[1]). Auf den offenen Moorflächen

[1]) Ich glaube, daß die Aufforstung mit *Betula carpathica* für den Anfang günstig gewesen wäre.

liegen einige größere Moortümpel (»Teiche«), in denen reichlichst schwimmende Formen von *Sphagnum Dusenii*, *Hypnum fluitans*, *Lophozia inflata* und seltener *L. Floerkei* oft mächtige Watten bilden. Besonders erwähnt muß noch werden das massenhafte Auftreten von *Juniperus nana*, welcher besonders längs der Kleinen Iser knieholzähnliche Bestände bildet.

5. Die »Schwarzen Teiche«.

Von der neuen Straße vom Wittighause gegen die Tafelfichte gelangt man über eine etwas feuchte, mit hohem Gras bestandene, stellenweise sumpfige (daselbst viel *Sphagnum riparium*, *S. Girgensohnii*, *Polytrichum commune*) Fichtenschonung zu der etwa 1 Kilometer entfernten, mitten im Walde 910 *m* hoch gelegenen, sehr schönen und charakteristischen Wiese. Am Rande gegen den Hochwald sind die Knieholzbestände sehr hoch und üppig, gegen die Mitte wechseln niedrige, schöne Knieholzbüsche mit freien Stellen ab, die teilweise mit Kaupen von *Trichophorum caespitosum*, *Eriophorum vaginatum* etc teilweise mit *Sphagnum*-Polstern bedeckt sind, in denen *Empetrum*, *Andromeda*, *Oxycoccus* und *Drosera* wachsen. *Dicranum scoparium Ptilidium ciliare* und *Leptoscyphus anomalus* treten auch stellenweise reichlicher hervor. Besonders zahlreich sind auf dieser Wiese nackte Moorstellen, die bisweilen größere schwarze Lachen zwischen Sphagnen und Cyperaceenkaupen bilden; in denselben wächst reichlich *Carex limosa* und *Scheuchzeria palustris*. Inmitten der Wiese liegen zwei große dunkle Moorwasserflächen (»Teiche«), nach denen die Wiese den Namen trägt. Die schwimmenden Mooswatten dieser unheimlich tiefen, düsteren Gewässer werden hier zum guten Teile von der sonst im Gebirge sehr seltenen *Cephalozia fluitans* gebildet, die hier mit zum Verwechseln ähnlichen Wasserformen von *Lophozia inflata* gemeinsam wächst. Der Zwergwacholder fehlt auf dieser Wiese, wie auch auf den meisten anderen gänzlich.

6. Die Wiese am »Carré«.

Diese kleine, auf der höchsten Stelle der Waldgelegenheit »Carré« (937 *m*) gelegene Wiese von rundlicher Form ist zugleich die Wasserscheide zwischen der Schwarzen Wittig und dem Schindelwasser. Der alte Steig zur Tafelfichte führt darüber. Sie bietet einen ganz anderen Anblick als die bisher geschilderten Wiesen, da auf ihr das Knieholz fehlt. Dafür ist die Fläche

schütter bestanden von niedrigen kaum 1 *m* hohen Krüppelfichten und einzelnen krüppelhaften Exemplaren von *Juniperus nana* und der behaarten Form der *Betula carpathica*. Dazwischen Sphagnetum (*S. recurvum*, *S. Dusenii*, *S. Warnstorfii* etc., aufgefallen ist mir das Fehlen der *Cymbifolium*-Gruppe) mit *Drosera*, etwas *Calluna*, *Melampyrum pratense* und hier auffallend reichlichem *Empetrum*. Einige Moorpfützen mit schwimmendem *Sphagnum Dusenii* und *Hypnum fluitans*, sowie kleinere Schlammtümpel, an deren Rand reichlich *Scheuchzeria palustris* und *Carex limosa* wachsen, vervollständigen das Bild. Erwähnt möge werden, daß ich hier die sonst so verbreiteten Lebermoose: *Lophozia Floerkei* und *L. inflata* nicht beobachtete.

7. Die »Grosse Knieholzwiese«.

Nahe der Stolpichstraße und gegen diese von einem Saum hoher Fichten verdeckt in einer Höhe von 985 *m* liegt diese sehr schöne, runde Knieholzwiese mitten im dichten Fichtenhochwalde. Nur gegen Westen zu liegt ein etwas freieres Sphagnetum, sonst ist die Wiese gleichmäßig mit d i c h t e n Knieholzbeständen bedeckt. Von sonstigen Pflanzen kommen spärlich vor: *Juniperus nana*, *Betula carpathica*, *Salix purpurea* und sehr viel *Vaccinium uliginosum*. In dem Sphagnetum herrschen *Sphagnum*-Massen vor mit *Juncus squarrosus*, *Oxycoccus palustris*, *Trientalis*, *Tormentilla*[1]), an trockeneren Stellen *Agrostis vulgaris*, *Gnaphalium dioicum* etc. Seltener sind *Carex*-Büsche und Kaupen von *Trichophorum caespitosum*. Einige kleine Moortümpel enthalten Formen von *Hypnum fluitans* (auch sehr schön fruchtend) und schwimmende *Lophozia inflata var. laxa*, während an den Rändern *Carex limosa* und *Scheuchzeria palustris* gedeihen.

8. Die »Kleine Knieholzwiese«.

Sie liegt in einer Höhe von 967 *m* an der Stolpichstraße am Abhange des Sieghübels und zeichnet sich dadurch aus, daß sie nicht unmittelbar vom Hochwald umrahmt ist, erst in weiterer Entfernung erhebt sich solcher[2]). Westlich steigt eine sumpfige Waldblöße mit Fichtenjugend an und im Norden und Osten geht die

[1]) *Empetrum* habe ich nicht beobachtet.

[2]) Die Fichtenwälder dieser Gegend stehen auf tiefem Torf, wie man stellenweise an der Straße sehen kann, wo an den Böschungen bis 2 *m* mächtige Torflager angestochen sind. Diese Torfmassen lassen darauf schließen, daß die Wiesen ehedem eine weitaus größere Ausdehnung hatten als heute.

Wiese allmählich in Waldschlag über; es scheint also hier wenigstens ehedem der für die Wiesen des Isergebirges so charakteristische Hochwaldgürtel auch vorhanden gewesen zu sein. Die Wiese ist ziemlich dicht mit meist hohem Knieholz bestanden. Der Zwergwacholder fehlt dieser Wiese. Die knieholzfreien, tiefen Moorstellen sind bedeckt mit *Sphagnum* (besonders *S. recurvum*) zwischen dem reichlich *Empetrum*, *Andromeda*, *Oxycoccus*, *Leptoscyphus anomalus* usw. wachsen. Kaupen von *Trichophorum caespitosum* und *Eriophorum vaginatum* sind an sehr nassen Stellen viel vorhanden, zwischen denen kleine Moorpfützen mit zum Teil untergetauchten Formen von *Lophozia Floerkei* auftreten. Größere Moortümpel fehlen dieser Wiese.

9. Knieholzwiese ober der »Kneiphütte«.

Auch diese 1002 *m* hoch oberhalb der Waldhütte »Kneipe« gelegene Wiese hat gegenwärtig keinen Hochwaldgürtel, sondern geht ringsum allmählich in Fichtenjugend über. Im unteren Teile finden sich kleine Fichten mit Sträuchern von *Sorbus aucuparia* dem Knieholz eingemischt. Gegen die Mitte zu ist die Wiese mit meist niedrigen Knieholzbüschen bestanden; dazwischen kleine Sphagnum-Flächen mit reichlichem *Empetrum*, *Vaccinium uliginosum*, *V. Myrtillus*, ein wenig *Calluna* und *Leptoscyphus anomalus*. Außerdem Kaupen von *Eriophorum vaginatum*, *S. Trichophorum caespitosum* und auffallend viel *Carex pauciflora*. An den kleinen Moorpfützen wächst reichlich *Carex limosa*. Große Moortümpel fehlen.

10. Wiese unter dem Börnlhause.

Nicht weit unter der Einschicht Börnlhaus östlich vom Wittighaus liegen auf der Wasserscheide im Fichtenwalde zwischen der Dessestraße und Iserstraße 885 *m* hoch mehrere kleine Hochmoore [1]). Das größte derselben ist bedeckt mit Kaupen von *Eriophorum vaginatum*, *Trichophorum caespitosum*, *Carex vulgaris*; dazwischen Moorpfützen mit *Lophozia Floerkei*. An anderen Stellen reichlich *Sphagnum*-Polster (besonders *Sph. medium*, *Sph. fuscum* und auch das sonst auf den Wiesen wenig verbreitete *Sph. compactum*) mit eingemischten: *Leptoscyphus anomalus*, *Andromeda*, *Vaccinium uliginosum*, *Calluna* (spärlich), *Empetrum* (stellenweise reichlich); *Drosera rotundifolia*, an

[1]) Eigentlich ist die ganze Wasserscheide mehr weniger sumpfig und auch im Fichtenwalde sind reichlich Waldmoore mit *Sphagnum Girgensohnii*, *Harpanthus Flotowianus*, *Chiloscyphus polyanthus*, *Polytrichen* etc.

etwas trockeneren Stellen *Vaccinium Myrtillus*, *V. Vitis idaea* und *Anastrepta orcadensis*[1]).

Besonders ausgezeichnet ist diese Wiese, daß auf ihr das Knieholz fehlt, dagegen ist sie schütter mit zwerghaften Fichten von $^1/_2$—1 *m* Höhe bewachsen.

11. Die Tschihadlwiese.

Der Name dieser sehr pflanzenreichen, interessanten Wiese findet sich vielfach verunstaltet: »Tschihanelw.«, »Tschihanaw.« etc.; die obige Schreibweise dürfte die richtige sein und sich der Name von dem tschechischen Worte čihadlo (der Vogelherd) ableiten. Die ziemlich große fast kreisrunde Wiese liegt bei 972 *m* Seehöhe etwa 1 Kilometer von der Stolpichstraße entfernt gegen den Neuwieser schwarzen Berg. In der Lage und Größe ähnelt sie sehr der Großen Knieholzwiese, sie wird aber nur westlich vom Fichtenhochwalde begrenzt, während sie sonst von Fichtenjugenden umgeben ist. Das Knieholz ist nur in sehr schütter stehenden und meist niedrigen Büschen verteilt und zumeist besteht die Fläche aus offenem Moor, in dem *Sphagnum*-Polster weitaus vorherrschen. Die Sphagna sind auf dieser Wiese besonders formenreich vertreten; *Sph. recurvum*, *Sph. Dusenii*, *Sph. fuscum* (sehr reichlich), *Sph. papillosum*, *Sph. medium* herrschen vor. Dazwischen finden sich die meisten der früher schon öfters genannten Sphagnumbegleiter. *Trichophorum caespitosum* und *Eriophorum vaginatum* und die anderen Rasenbildner treten stark zurück; *Carex limosa* findet sich nicht häufig an schlammigen Stellen mit *Lophozia inflata*, *Hypnum fluitans* (reich fruchtend in verschiedenen Formen) etc.

Besonders gegen die Ränder der Wiese bilden *Dicranum*-Arten in mächtigen, tiefen Polstern Massenvegetation: *D. Bergeri*, *D. fuscescens var. flexicaule* und das mit diesem habituell zum Verwechseln ähnliche *D. scoparium var. uliginosum*.

Die Tschihadlwiese ist besonders reich an größeren und kleineren tiefen Moortümpeln mit scharf abfallenden Rändern (sogenannte »Teiche«). Deren gibt es hier etwa zehn und finden sich in einigen derselben mächtige freischwimmende Watten von *Sphagnum Dusenii var. aquaticum*, *S. papillosum* in einer sehr merkwürdigen laxen, blaugrünen, submersen Form, *Lophozia inflata var. laxa* und sehr viel *Hypnum fluitans* (oft reichlich fruchtend, die Seten über den Wasserspiegel erhebend).

[1]) Das Vorkommen ist interessant, da dieses Lebermoos sonst im Isergebirge an den Gipfelfelsen auf den Kämmen vorkommt.

12. Die Wolfswiese.

Die höchstgelegene (1020—1025 *m*) und zugleich eine der größten und schönsten Wiesen des Isergebirges ist weitab von gangbaren Wegen mitten in ausgedehnten, wilden Fichtenwäldern gelegen. Die sehr regelmäßig kreisrunde Wiese hat nach Süden einen schmalen Saum von Stangenholz (Fichten), sonst ist sie schroff wie von einer dunkelgrünen Mauer mit Fichtenhochwald von fast urwaldartigem Charakter umrahmt.

Äußerst üppige, hohe und dichte, ja stellenweise fast undurchdringliche Knieholzmassen bedecken die Wiese fast ausschließlich, nur gegen Südwesten und gegen die Mitte sind die Knieholzbüsche etwas niedriger und schütterer, oft prachtvoll geformte Gruppen bildend, und dazwischen treten hier kleine Moorflächen auf mit *Sphagnum* und dessen Begleitern *Empetrum* (viel), *Andromeda*, *Vaccinium uliginosum*, *V. Myrtillus*, *V. Vitis-idaea* und *Calluna* (letztere drei an etwas minder feuchten Stellen), während Rasen von *Trichophorum caespitosum*, *Eriophorum vaginatum*, *Carex pauciflora* etc. mit dazwischen liegenden Moorschlammpfützen sehr zurücktreten. Größere Tümpel gibt es auf der Wolfswiese nicht. Birken und Zwergwacholder fehlen auf der Wiese, hingegen sind die Moorflächen von einigen wenigen etwa 3 *m* hohen Krüppelfichten überragt.

Ich habe mit vorstehenden Zeilen den Versuch gemacht durch möglichst naturgetreue Schilderung der landschaftlichen und ökologischen Verhältnisse der interessanten »Knieholzwiesen« auch den Botanikern, welche ähnliche Pflanzengenossenschaften selbst noch nicht zu untersuchen in der Lage waren, ein tunlichst anschauliches Bild von dem Charakter derselben zu entwerfen und diejenigen, welche diese oder ähnliche Verhältnisse selbst kennen gelernt haben, werden vielleicht diese bescheidenen Schilderungen an liebgewordene Eindrücke erinnert werden und möglicherweise finden auch sie in diesen Blättern einige interessante Einzelheiten, die ihnen seinerzeit nicht aufgefallen sind.

Über die Verseifung der Fette

von

Rud. Wegscheider (Wien).

Aus dem k. k. chemischen Universitätslaboratorium in Wien.

Eingelangt am 22. Oktober 1907.

Über die Methoden zur Spaltung der Fette in Glyzerin und Fettsäuren besitzen wir eine umfangreiche Literatur. Dagegen hat man sich der Erforschung des Mechanismus dieser Reaktion erst in der letzten Zeit eifriger zugewendet.

Nach der Reaktionsgleichung

$$C_3 H_5 O_3 Ac_3 + 3 H_2 O \longrightarrow C_3 H_8 O_3 + 3 Ac OH,$$

wo Ac ein Säureradikal bedeutet, oder nach der analogen Gleichung für die Verseifung durch Hydroxylion soll der zeitliche Verlauf der Reaktion in homogener Lösung nach dem Gesetze der quadrimolekularen Reaktionen, bei großem Überschuß des Verseifungsmittels nach dem der monomolekularen Reaktionen erfolgen.

Die einschlägigen Versuche sind, soweit wässerige Lösungen in Frage kommen, allerdings nicht mit Fetten, sondern mit den Essigsäureestern des Glyzerins gemacht worden; es liegt aber vorerst kein Grund vor, die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Fette zu bezweifeln.

Die Versuche haben nun ergeben, daß die Verseifung durch Alkalien sowohl in wässeriger[1]) als auch in alkoholischer[2]) Lösung bimolekular erfolgt. Hinsichtlich der alkoholischen Lösung ist dieses Ergebnis leicht zu erklären[3]). Henriques[4]) hat nämlich gezeigt, daß die Fette durch alkoholisches Alkali außerordentlich rasch in Glyzerin und Fettsäureäthylester umgewandelt werden. Die gemessene

[1]) Kremann, »Monatshefte für Chemie«, 27, 615 [1906].

[2]) Geitel, »Journ. f. prakt. Chemie«, N. F., 55, 433 [1897]; Kremann, »Monatsh. f. Chemie«, 26, 815 [1905].

[3]) Fanto, »Monatsh. f. Chemie«, 25, 919 [1904].

[4]) »Chem. Zentralblatt« 1898, I, 1074; II, 612.

Verseifungsgeschwindigkeit ist dann die des Fettsäureesters und diese muß dem Gesetze der bimolekularen Reaktion entsprechen. Für die wässerige Lösung ist eine ähnliche Erklärung nicht möglich; man kann nur sagen, daß die Verseifung nicht in einem Zug vom Triglyzerid zum Glyzerin führen kann, sondern stufenweise erfolgen muß. Das allein genügt aber noch nicht, um den bimolekularen Ablauf zu erklären, da beim Stattfinden mehrerer Reaktionen die Gesetze für den Reaktionsablauf in der Regel eine sehr verwickelte Form annehmen.

Die Verseifung in sauren wässerigen Lösungen verläuft, wie auch die chemische Bruttogleichung erwarten läßt, monomolekular [1]), da das Verseifungsmittel (Wasser) in großem Überschuß vorhanden ist. Trotzdem ist aus Analogiegründen auch hier anzunehmen, daß die Verseifung stufenweise erfolgt.

Ein bimolekularer Reaktionsablauf (in welchem der monomolekulare bei großem Überschuß des Verseifungsmittels inbegriffen ist) kann bei stufenweiser Verseifung nur zum Vorschein kommen, wenn die Geschwindigkeitskoeffizienten der einzelnen Reaktionen bestimmte Beziehungen zueinander aufweisen. Eine solche Beziehung besteht darin, daß nur eine der Reaktionen langsam, die anderen dagegen außerordentlich rasch ablaufen. Aus Analogiegründen ist dies bei der Verseifung der Glyzerinester äußerst unwahrscheinlich; für die Verseifung in saurer Lösung ist überdies durch die erwähnten Versuche von Geitel und J. Meyer nachgewiesen, daß dies nicht der Fall ist.

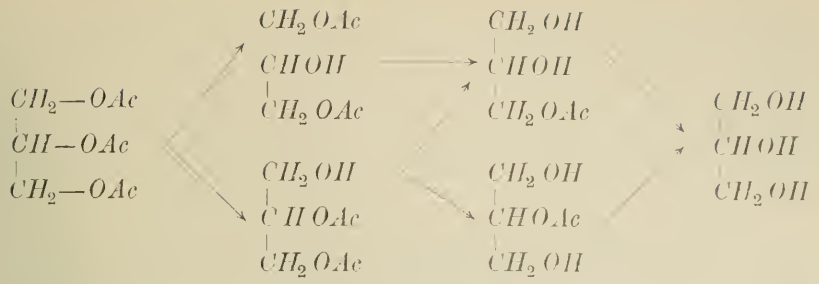
Auf die Spur einer anderen Beziehung zwischen den Geschwindigkeitskoeffizienten, welche den bimolekularen Reaktionsablauf erklärt, hat die Arbeit Geitels geführt. Er fand nämlich, daß die Geschwindigkeitskoeffizienten der Verseifung von Triglyzerid zu Diglyzerid, von Diglyzerid zu Monoglyzerid und von Monoglyzerid zu Glyzerin durch Wasser sich wie 3 : 2 : 1 verhalten. Abel [2]) hat dann gezeigt, daß bei diesem Verhältnis der Reaktionsablauf bimolekular sein muß.

Es ist aber bisher nicht berücksichtigt worden, daß bei der stufenweisen Verseifung der Triglyzeride nicht drei, sondern sieben Reaktionen in Betracht kommen:

---

[1]) Geitel, »J. f. prakt. Chem.«, N. F., 55, 429 [1897]; 57, 113 [1898]; J. Meyer, »Zeitschr. f. Elektrochemie«, 13, 485 [1907].

[2]) »Theorie der Triglyzeridverseifung«, in Ulzer-Klimont. Allg. und physiolog. Chemie der Fette, Berlin, Springer, 1906, pag. 220.



Ich habe daher auf Grund der von mir gegebenen allgemeinen Form der Gesetze des Ablaufs von Simultanreaktionen [1]) neuerdings untersucht, welche Beziehungen zwischen den Koeffizienten bestehen müssen, damit die Verseifung eines Triglyzerids im ganzen bimolekular verläuft. Es hat sich ergeben, daß dieser Bedingung durch drei verschiedene Beziehungen Genüge geleistet wird. Zwei von diesen Beziehungen können aber ausgeschlossen werden, weil sie der ebenfalls von Geitel und J. Meyer festgestellten Tatsache nicht genügen, daß auch die Verseifung der Diglyzeride bimolekular verläuft. Es bleibt somit nur eine Bedingung als brauchbar übrig. Ihr Inhalt ist folgender:

»Die beiden Koeffizienten der Verseifung der isomeren Monoglyzeride zu Glyzerin müssen gleich sein; der Koeffizient der Verseifung des symmetrischen Diglyzerids zum zugehörigen Monoglyzerid muß doppelt so groß sein als der Verseifungskoeffizient eines Monoglyzerids und gleich der Summe der beiden Koeffizienten der Verseifung des asymmetrischen Diglyzerids zu den beiden Monoglyzeriden; die Summe der Koeffizienten der Verseifung des Triglyzerids zu den beiden Diglyzeriden ist dreimal so groß als der Verseifungskoeffizient eines Monoglyzerids« [2]).

Somit besteht auch bei Berücksichtigung sämtlicher in Betracht kommenden Reaktionen die Möglichkeit, daß die stufenweise Verseifung zu einem im ganzen bimolekularen Reaktionsablauf führt.

Gegen die hieraus sich ergebende Theorie der Triglyzeridverseifung können zwei Bedenken geltend gemacht werden.

Erstens kann man es unwahrscheinlich finden, daß die Werte der Koeffizienten in so einfachen Zahlenverhältnissen stehen, insbesondere auch im Hinblick auf die geforderte gleiche Verseifungsgeschwindigkeit der beiden Monoglyzeride, von denen doch das

[1]) »Monatsh. f. Chemie«, 21, 693 [1900].

[2]) Die Geitel-Abelsche Bedingung ist, wie sich zeigen läßt, ein spezieller Fall dieser Bedingung.

eine die verseifbare Gruppe in primärer, das andere in sekundärer Stellung enthält. Dieses Bedenken wird durch den Umstand zunichte gemacht, daß selbst bei beträchtlichen (bis zu 20% gehenden) Abweichungen der Koeffizienten von den geforderten Werten das Gesetz des bimolekularen Reaktionsablaufs immerhin noch genauer zutreffen muß, als es durch die Versuche bestätigt ist.

Zweitens kann man sich darauf berufen, daß die obige Bedingung das Auftreten beträchtlicher Mengen von Di- und Monoglyzeriden während der Verseifung fordert, während tatsächlich ihr Auftreten nicht nachgewiesen werden konnte. Dem ist entgegenzuhalten, daß der Nachweis dieser Stoffe bei der Verseifung in homogener wässeriger Lösung überhaupt noch nicht gründlich versucht worden ist. Dagegen kann durch die Arbeiten von Balbiano, Fanto und Marcusson als nachgewiesen gelten, daß bei der Verseifung von Fetten durch Alkalilauge im heterogenen System das ungelöst Bleibende frei von Mono- und Diglyzeriden ist. Das ist aber belanglos. Entwickelt man nämlich die Theorie der heterogenen Verseifung unter Zugrundelegung der zurzeit wahrscheinlichsten Annahmen, so ergibt sich, daß das Ungelöste von Mono- und Diglyzeriden frei sein muß.

Das Schlußergebnis ist:

Die Fette werden stufenweise verseift. Der annähernd bimolekulare Reaktionsablauf kommt dadurch zustande, daß die Geschwindigkeitskoeffizienten der einzelnen Reaktionen eine (wenn auch nur recht rohe) Annäherung an die im vorstehenden mitgeteilten Bedingungen zeigen.

Über das Leucin aus Proteinen

von

Zd. H. Skraup (Wien).

Eingelangt am 23. Oktober 1907.

Die Ansichten über die Konstitution des Leucins, welches auch für den Pflanzenphysiologen von Wichtigkeit ist, haben sich im Laufe der Zeit geändert. Während es ursprünglich als das α-Aminoderivat der normalen Capronsäure betrachtet worden ist, hat sich späterhin herausgestellt, daß es nicht von der normalen Capronsäure, sondern der isomeren 2 Methylpentansäure abstammt.

Weiter wurde die Sache dadurch wieder verwickelter, daß in neuerer Zeit F. Ehrlich ein zweites isomeres Leucin, das Isoleucin, in der Rübenmelasse entdeckte, welche von ihm und anderen Chemikern auch unter den Spaltungsprodukten vieler Eiweißstoffe wieder gefunden wurde. Das rohe Leucin, wie man es aus pflanzlichen und tierischen Proteïnen erhält, ist, von anderen Aminosäuren abgesehen, also ein Gemisch von Leucin und Isoleucin.

Durch eine Reihe schöner Untersuchungen, insbesondere durch die Synthese hat Ehrlich festgestellt, daß dieses Isoleucin die Konstitution der ββ-Methyl-Äthyl-α-Aminopropionsäure besitzt.

Nach anderen Untersuchungen von Ehrlich sind nun die beiden Leucine jene Substanzen, aus welchen gelegentlich der alkoholischen Gärung zuckerhältiger Pflanzenauszüge Amylalkohol entsteht, und zwar der aktive, das Methyläthylcarbincarbinol aus dem Isoleucin, der gewöhnliche inaktive Gärungsamylalkohol aus dem gewöhnlichen Leucin.

Diese Beziehungen zwischen den zwei Amylalkoholen und den zwei Leucinarten werden noch nach einer anderen Richtung von Bedeutung. Vor fast dreißig Jahren hat Wischnegradsky bei Untersuchung der Amylene C_5H_{10}, die aus dem rohen Gärungsamylalkohol erhalten waren, Beobachtungen gemacht, welche am einfachsten dahin zu deuten sind, daß in dem rohen Gärungs-

amylalkohol außer den zwei schon genannten Alkoholen noch ein dritter, und zwar der normale Penthylalkohol, vorhanden sei.

Nimmt man diese Vermutung als feststehend und weiterhin noch an, daß der normale Penthylalkohol bei der Gärung in ähnlicher Art entsteht wie seine beiden Isomeren, dann muß man als seine Muttersubstanz die α-Aminonormalcapronsäure annehmen, für welche früher, wie schon erwähnt, das gewöhnliche Leucin gehalten worden ist.

Und es hatte darum einiges Interesse, jener unter den Produkten der Hydrolyse von Eiweißstoffen nachzuspüren.

Daß letztere die α-Aminonormalcapronsäure enthalten, ist aber auch durch eine andere weniger entlegene Beobachtung möglich geworden. Vor einiger Zeit haben Witt und ich gefunden, daß bei der Oxydation von Kasein mit Bromlauge Normalvaleriansäure entsteht. Diese kann nur aus einem Atomkomplex gebildet werden, welcher fünf normal verbundene Kohlenfettatome enthält. Diese Atomkomplexe können natürlich verschiedenster Art sein, sie könnten unter anderen auch im normalen Leucin vorliegen.

Bei den großen Schwierigkeiten, Aminosäuren voneinander zu trennen, war es von vornherein wenig wahrscheinlich, durch fraktionelle Kristallisation und ähnliche Operationen im rohen Leucin die vermutete α-Aminonormalcapronsäure aufzufinden.

Andeutungen über ihr Auftreten ließen sich aber von der Oxydation des Leucins erwarten, welches neben anderen Säuren auch die normale Valeriansäure geben sollte, wenn in ihm die schon oft genannte normale Aminosäure beigemischt wäre.

Die Herren Dr. F. Heckel und Dr. M. Samec haben, der erste mit Leucin aus Kasein, der zweite mit Leucin aus Nackenband, solche recht mühsame Versuche ausgeführt, über welche von ihnen an anderer Stelle berichtet werden wird.

Es ließ sich in beiden Fällen nachweisen, daß bei der Oxydation gewisser Leucinfraktionen normale Valeriansäure entsteht.

Man kann deshalb mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die ursprünglich aufgestellte Konstitutionsformel des Leucins wenigstens für einen Bestandteil der rohen Verbindung, wie sie aus Eiweißstoffen abzuspalten ist, zutrifft, mit anderen Worten, daß auch die normale α-Aminocapronsäure bei der Hydrolyse von Proteïnen auftritt.

Über Aufspeicherung und Wanderung des Rohrzuckers (Saccharose) und der Zuckerrübe (Beta vulgaris L.)

von

Friedrich Strohmer (Wien).

Eingelangt am 23. Oktober 1907.

Unter den Nutzpflanzen der Gegenwart nimmt unstreitig die Zuckerrübe eine hervorragende Stelle ein, wurden doch im Jahre 1906 in Europa allein 1,669.122 Hektar Ackerfläche mit dieser Pflanze bebaut und aus ihrem Ernteergebnisse nicht weniger als 6,685.000 metrische Tonnen Zucker gewonnen. Es ist deshalb auch begreiflich, daß sich die Wissenschaft schon seit langem mit dem Studium der Lebensbedingungen und Wachstumsverhältnisse der genannten Kulturpflanzen befaßte, um hierdurch der Technik die Basis für eine rationelle Kultur und Verarbeitung derselben zu schaffen. Als einer der ersten und hervorragendsten Forscher, welcher sich mit dem Studium der Zuckerrübe beschäftigte, ist Julius Wiesner zu nennen, auf dessen Arbeiten namentlich die Kenntnis der histologischen Verhältnisse der ausgewachsenen Zuckerrübe beruht [1] und welche die Grundlage zur Erfindung des Diffusionsverfahrens durch Jul. Robert gegeben haben, eines Verfahrens, ohne welchem die heutige großartige Entwicklung der Rübenzuckerindustrie nicht möglich gewesen wäre. Dem Schreiber dieses sei es deshalb gestattet in den nachfolgenden Ausführungen eine die Zuckerrübe betreffende biochemische Studie der vorliegenden, zu Ehren Julius Wiesners verfaßten Festschrift, beizufügen.

Es ist eine nicht mehr zu bestreitende Tatsache, daß der Zucker der Rübenwurzel im Rübenblatte entsteht und aus diesem durch die Blattstiele in die Rübenwurzel transportiert wird. Indem man annahm, daß Rohrzucker (Saccharose) die Plasmahaut nicht durchwandern kann, hielt man bis jetzt jedoch fast allgemein an der An-

schauung fest, daß die in der Rübenwurzel angehäufte Saccharose nicht als solche aus dem Blatte einwandere, sondern in Form von Monosacchariden (reduzierender Zucker), welche erst in der Wurzel in das Disaccharid umgeformt werden. Pfeffer[2]) hat jedoch darauf aufmerksam gemacht, daß die Eigenschaften der Membranen des Plasmas häufig in regulatorischer Weise wechseln, so daß ein Stoff zeitweilig aufgenommen wird, der unter anderen Umständen nicht in den Protoplasten gelangt. Ferner haben Hanstein[3]) und Puriewitsch[4]) die exosmotische Abgabe von Disacchariden beim Endosperm des Maises beobachtet, so daß also die Basis, auf welcher sich die bisherige Anschauung über die Einwanderung des Zuckers in die Rübenwurzel aufbaut, der festen Stütze entbehrt. Auffallend ist auch der Umstand, daß in den Rübenwurzeln, sobald die Pflanze ihr erstes Entwicklungsstadium überschritten hat, fast nie reduzierende Zuckerarten neben Saccharose anzutreffen sind Unter den vielen Hunderten von Zuckerrüben, welche ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, fanden sich nur ganz ausnahmsweise solche Wurzeln, welche geringe Mengen reduzierender Zuckerarten enthielten, und zwar nur dann, wenn die betreffenden Rüben erkrankt oder beschädigt, oder wenn die Pflanzen noch sehr jung waren, wie zum Beispiel in nur einen Monat alten Zuckerrüben. Wenn der Rohrzucker in Form von reduzierendem Zucker in die Wurzel gelangen würde, so sollte man diesen doch häufiger in derselben antreffen, da ja die Umwandlung in Rohrzucker kaum plötzlich erfolgt, sondern der Ablauf dieses Prozesses gewiß auch von der Zeit abhängig sein wird.

Auffällig ist auch der Umstand, daß sich Saccharose sowohl in den Blättern als auch in den Wurzeln bereits in den frühesten Entwicklungsstadien der Zuckerrübe vorfindet, wie die Untersuchungen A. Girards[5]) dargetan haben. Unabhängig von den Arbeiten Girards habe auch ich im Jahre 1888 gelegentlich von Studien über den Verlauf der Nährstoffaufnahme der Zuckerrübe, sowohl Blätter als Wurzeln von Rübenpflanzen, welche unter gleichen Wachstumsbedingungen erwachsen waren, untersucht[6]) und gleiche Beobachtungen wie Girard gemacht, indem meine Untersuchungen ergaben:

	In den Blättern		In der Wurzel	
	Rohrzucker	Reduzierender Zucker als Invertzucker berechnet	Rohrzucker	Reduzierender Zucker
Am 7. Juni (Rübe 1 Monat alt) . . .	0·3%	0·18%	0·70	Spuren
Am 21. Juni	0·6%	0·15%	4·70	„
Am 5. Juli	1·2%	0·29%	7·30	0·0
Am 19. Juli	0·7%	0·48%	8·00	0·0
Am 16. August . . .	0·9%	0·62%	10·20	0·0
Am 13. September .	0·8%	0·75%	11·60	0·0
Am 27. September .	0·8%	0·81%	12·30	0·0

Girard hat noch die Wahrnehmung gemacht, daß während der Gehalt an Rohrzucker in den Blättern größeren Schwankungen unterliegt, die reduzierenden Zuckerarten eine ziemlich gleichmäßige Zunahme bis gegen das Ende der Vegetation erfahren, was mit unseren hier mitgeteilten Ergebnissen übereinstimmt. Nach den weiteren Studien des zitierten Forschers geht die Bildung der Saccharose im Mesophyll des Rübenblattes vor sich, und zwar in einer Region der Blatträndern, welche etwa ein Drittel der gesamten Blattfläche beträgt. In jüngster Zeit hat des weiteren S. Strakosch[7]) gezeigt, daß das Verhältnis von Mono- und Disacchariden durch die Belichtungsverhältnisse, unter welchen die Rüben wachsen, bedingt zu sein scheint, denn beschattete Blätter enthielten immer mehr Monosaccharide als Disaccharide. Der genannte Forscher fand ferner bei Zuckerrübenblättern, die um 4 Uhr nachmittags gepflückt waren, in wiederholter Beobachtung folgende Verteilung der Zuckerarten: Dextrose allein im Blattrande, Dextrose und etwas Rohrzucker im Mesophyll der Lamina, Dextrose, Lävulose und Rohrzucker im Medianus, und Rohrzucker, Maltose, Dextrose, Lävulose im Petiolus. Quantitativ steigt der Gehalt an Rohrzucker vom Blattrande angefangen gegen die Blattmitte zu und von dort nach abwärts, um im Blattstiele vorzuherrschen. Diese Forschungsergebnisse werden noch dadurch ergänzt, daß M. Gonnermann in Rübenblättern ein Saccharose bildendes Enzym nachweisen konnte[8]). Alle diese Tatsachen im Verein mit der Beobachtung Girards, daß der Saccharosegehalt der Blätter während der Nacht nahezu zur Hälfte verschwindet, zwingen zu der Annahme, daß der Rohrzucker der Rübenblätter nicht als ein intermediäres Produkt, sondern als der fertige Reserve-

stoff anzusehen ist, welcher als solcher in die Rübenwurzel transportiert wird und daß demnach auch der Saccharose die Wanderfähigkeit durch die Plasmahaut zukommt. Daß dies aber auch tatsächlich der Fall, geht aus Beobachtungen hervor, die ich an mir von H. Briem, Direktor der Wohankaschen Zuckerrübensamenzuchtstation in Úholičky, zugesandten Zuckerrübenpflanzen machen konnte.

Es waren dies zwei einjährige Zuckerrübenpflanzen, bei denen der Kurzstiel, welcher die Blattrosette trägt, bei der einen Rübe *A* zu einem 24 *cm* langen und bei der anderen Rübe *B* zu drei verschiedenen, und zwar 24 *cm*, 31 *cm* und 5 *cm* langen Längsstengeln ausgewachsen war[1]). Diese Längsstengel enthielten nun bei Rübe *A* 4% Rohrzucker, bei Rübe *B* 6% Rohrzucker. Reduzierender Zucker war jedoch in keinem der Stengel nachzuweisen. Die dazugehörigen Wurzeln enthielten Rohrzucker bei Rübe *A* 12·0%, bei Rübe *B* 14·6%. Monosaccharide konnten ebenso wie in den Stengeln ebenfalls nicht nachgewiesen werden. Der hohe Zuckergehalt der Wurzeln zeigt, daß der Blattapparat dieser Rüben trotz seiner von der normalen abweichenden Entwicklung und Stellung in seinem Zuckerbildungsvermögen nicht gestört war. Der Blattapparat war auch in seinem äußeren Aussehen nicht im mindesten von jenem normaler Rüben verschieden. Der in den Wurzeln abgelagerte Zucker hatte bei den untersuchten Rüben nur einen weiteren Weg, und zwar bis zu 31 *cm*, zurückzulegen als bei Normalrüben, und kann der in den Stengeln in nicht unbedeutender Menge nachgewiesene Rohrzucker nur in dieser Wanderung seine Ursache haben, so daß auch den Bastzellen der Stengel die Eignung für den Transport von Saccharose zuzusprechen ist. Würde reduzierender Zucker aus dem Blatte durch die Stengel in die Wurzeln wandern, so müßte solcher auch in den Stengeln nachweisbar gewesen sein, was aber nicht der Fall war. Dagegen enthielt der Stengel der Rübe *A* 4·00%, der Stengel der Rübe *B* jedoch 6·1% Rohrzucker. Der Rübe *B* stand daher ein rohrzuckerreicherer Saftstrom zur Verfügung als der Rübe *A* und muß daher bei Annahme der Einwanderung dieses Rohrzuckers in die Wurzel, die Wurzel der Pflanze *B* rohrzuckerreicher als diejenige der Pflanze *A* sein, eine Annahme, welche auch durch die mitgeteilten Untersuchungsergebnisse bestätigt wurde.

[1]) Eine photographische Aufnahme dieser beiden Rüben findet sich auf Tafel I der »Österr.-ung. Zeitschrift für Zuckerindustrie und Landwirtschaft«, XXXV. Jahrg. 1906.

Unsere hier mitgeteilten Beobachtungen stehen auch im guten Einklange mit den Resultaten, die wir bei der Untersuchung von Schoßrüben, d. i. solchen Zuckerrüben, die bereits im ersten Wachstumsjahre Blüten- und Samenstengel treiben, gewonnen haben. Bei im September geernteten Schoßrüben wurden nämlich von uns gefunden:

	In den Seitenzweigen	Im Hauptstengel	In der Wurzel
Saccharose	0·53%	1·83%	15·35%
Invertzucker	0·28 »	0·31 »	0·00 »

Auch hier überwiegt im Saft der Stengel die Saccharose gegenüber den Monosacchariden und war die Wurzel frei von reduzierenden Zuckerarten. Daß die Stengel der Schoßrüben jedoch neben Rohrzucker auch reduzierenden Zucker enthalten, hat aber darin seinen Grund, daß diese Stengel weit mehr Funktionen zu erfüllen haben als der Kurzstiel der Blattrosette der normalen Zuckerrübe, und auch darin, daß der in den Blättern erzeugte Zucker verschiedene Aufgaben zu erfüllen hat, worauf wir später noch zurückkommen werden.

All das hier Mitgeteilte erscheint mir als ein zwingender Beweis für die Richtigkeit der Anschauung zu gelten, daß die Bildung der Saccharose der Zuckerrübe bereits im Blatte derselben erfolgt und als solche in die Wurzel transportiert wird.

Girards Untersuchungen[9]) haben ebenso wie an anderen Orten mitgeteilte eigene Forschungen[10]) ergeben, daß das Maximum der Zuckerbildung bei der normalen Zuckerrübe in der Zeit von Anfang August bis Mitte September liegt; ist der Blattapparat der Rübe nach dieser Zeit noch intakt, so zeigt sich aber dann auch noch eine weitere, nicht unbedeutende Zuckerspeicherung, insofern selbstverständlich die anderen Bedingungen (Licht und Wärme) ebenfalls hierfür günstig sind.

Girard hat auf Grund seiner hier des öfteren zitierten Versuche auch der Anschauung Ausdruck gegeben, daß die in der Rübenwurzel im ersten Wachstumsjahre angehäufte Saccharose dieser bis zu ihrer Ernte erhalten bleibt; eine Anschauung, der von seiten der Praktiker mit Rücksicht auf das häufig beobachtete Schwanken des prozentischen Zuckergehaltes in den letzten Wachstumsstadien oft widersprochen wird. Dieser Meinung der Praktiker können wir jedoch nicht beitreten, sondern müssen auf Grund zahlreicher eigener Versuche die Anschauung Girards als vollständig

zutreffend bezeichnen. Zur Begründung derselben seien hier aus meinen vielfachen diesbezüglichen Beobachtungen nur die Untersuchungsergebnisse, die wir gelegentlich eines in der letzten Zeit zur Lösung einer anderen als der hier in Rede stehenden Frage [11]) ausgeführten Versuches erhielten, mitgeteilt. Es wurden gefunden bei Zuckerrübenwurzeln, welche aus am 12. April angebauten Samen gleicher Herkunft und unter vollständig gleichen Vegetationsbedingungen erwachsen waren:

Prozentischer Gehalt der frischen Wurzel an Zucker und Wasser:

	Am 31. Mai	14. Juni	27. Juli	1. Sept.	5. Okt.	29. Okt.	23. Nov.
Zucker:	1·30	6·80	16·60	20·60	19·40	20·60	18·10
Wasser:	86·08	82·23	74·88	71·66	72·34	71·82	74·16

Gesamtmenge der Wurzeltrockensubstanz in Gramm:

Am 31. Mai	14. Juni	27. Juli	1. Sept.	5. Okt.	29. Okt.	23. Nov.
0·06	1·37	56·22	85·12	112·71	114·55	120·80

Rohrzuckermenge der Wurzel in Gramm:

Am 31. Mai	14. Juni	27. Juli	1. Sept.	5 Okt.	29. Okt.	23. Nov.
0·006	0·533	37·403	61·899	79·539	84·458	84·850

Also trotz wechselnden prozentischen Zuckergehaltes ein allmähliches Ansteigen der Rohrzuckermenge mit fortschreitender Vegetation. Das Schwanken des prozentischen Zuckergehaltes hat daher nicht in einem Verschwinden der einmal aufgespeicherten Saccharose, sondern in dem wechselnden Wassergehalte, teilweise auch in einer vermehrten Nichtzuckerbildung, seine Ursache.

Die kultivierte Zuckerrübe ist bekanntlich eine durch fortgesetzte Zucht zweijährig gemachte Pflanze und ist die am Schluß des ersten Wachstumsjahres in der Wurzel aufgespeicherte Saccharose als Reservestoff zu betrachten, welche jene, um einen geistreichen Vergleich R e i n k e s [12]) zu gebrauchen, zu einem Akkumulator von Energie für das zweite Wachstumsjahr ausgestaltet.

An anderem Orte habe ich dargetan [13]), daß der Rohrzucker der Zuckerrübenpflanze große Wandlungs- und Wanderfähigkeit besitzt und zweierlei Zwecken dient, einmal als Material für die Unterhaltung der Atmung, in welcher er der vollständigen Zersetzung in seine Endprodukte, Kohlensäure und Wasser, welche von den Pflanzen ausgeschieden werden, anheimfällt, dann weiter aber auch als Baustoff bei der Schaffung neuer Organe oder beim Wachstum, wobei er nur einer chemischen Umlagerung seiner Atome unterworfen wird. Die Verwendung des Zuckers als Baustoff erfolgt jedoch

erst im zweiten Wachstumsjahre [14]), die Vorbereitung für diese Verwendung setzt, aber wie ich ebenfalls an zitiertem Orte dargetan habe, schon nach der Ernte der Rübenwurzel ein, indem in derselben neben den geringen Mengen Zucker, welche zur Erhaltung des Lebens fortwährend veratmet werden, auch Saccharose anderweitig umgelagert wird, so daß nach der Ernte der Rübenwurzel und während ihrer Aufbewahrung der Zuckergehalt eine fortschreitende Verminderung, dagegen der Nichtzuckergehalt eine allmähliche Steigerung erfährt und daher der Zuckerrübe keine eigentliche Ruheperiode zukommt. H. Briem [15]) hat ja gezeigt, daß die einjährige Kulturrübe in einem warmen Raume auch im Winter fortwährend neue Blätter treibt und allmählich die ganze Blattkrone erneuert und selbst Samenstengel entwickelt.

Dem Verbrauche der in der Rübenwurzel aufgespeicherten Saccharose geht jedenfalls eine Inversion derselben, also eine Umwandlung in reduzierende Zuckerarten, voraus. Das Vorhandensein invertierender Enzyme in der Zuckerrübenwurzel haben ja Gonnermann [16]) wie auch Stoklasa [17]) nachgewiesen. Für diese Annahme sprechen auch Beobachtungen, die ich gemeinschaftlich mit O. Fallada in jüngster Zeit bei Untersuchung von Samenrüben, also bei Rüben des zweiten Wachstumsjahres, machen konnte. Die betreffenden Rüben wurden uns durch Direktor H. Briem von der Wohankaschen Rübensamenzuchtstation Úholičky zur Verfügung gestellt. Dieselben stammten von gleichen am 6. April ausgesetzten Mutterrüben, welche beim Aussetzen 16·2% Rohrzucker und 23·14% Trockensubstanz enthielten, her und waren unter gleichen Vegetationsbedingungen erwachsen. Sie zeigten am 25. April deutlichen Blattansatz, entwickelten sich sehr rasch, erreichten am 27. Juli die Blüte und konnte Anfang August die Samenreife konstatiert werden. Die untersuchten Samenrüben hatten nur einen Hauptstengel getrieben. Bei der Untersuchung wurden nachstehende Resultate gefunden:

	Am 9. Juni			Am 2. August			
	In den Seitenzweigen	Im Hauptstengel	In der Wurzel	In den Seitenzweigen	Im Hauptstengel	Im Kopfe	In der Wurzel
	frische Substanz						
Rohrzucker . .	1·20%	0·6 %	6·6%	0·0 %	2·00%	9·0 %	13·1 %
Invertzucker . .	1·39 „	1·57 „	0·0 „	0·25 „	0·36 „	0·34 „	0·0 „
	Trockensubstanz						
Rohrzucker . .	9·12%	4·28%	21·15%	0·00%	5·58%	35·65%	43·84 %
Invertzucker . .	10·56 „	11·19 „	0·00 „	0·79 „	1·01 „	1·35 „	0·00 „

Im ersten Stadium des Wachstums im zweiten Lebensjahre, das ist in der Zeit vor der Blüte, hat daher, wie diese Zahlen dartun, die ausgesetzte Mutterrübenwurzel beträchtliche Mengen Rohrzucker verloren, welche nur zum Aufbau der neuen oberirdischen Pflanzenteile verwendet werden konnten und aus der Wurzel zurückgewandert sind. Indem der Hauptstengel ebenso wie die Seitenzweige, wie obige Zahlen gleichfalls dartun, reicher an reduzierenden Zuckerarten als an Saccharose waren, so muß angenommen werden, daß die Rückwanderung des Rohrzuckers aus der Wurzel in Form von Monosacchariden erfolgte. Die Umwandlung dürfte im Kopfe der Rübe erfolgen, da in der Wurzel selbst kein reduzierender Zucker nachgewiesen werden konnte. Diese Anschauung wird auch dadurch unterstützt, daß Stanĕk[18]) nachgewiesen hat, daß in der Rübenwurzel in der Richtung zum Kopfe und der Oberfläche ein zunehmender Katalasengehalt nachzuweisen ist und Katalasen bei der Rübenwurzel im Oberteil und der Rinde derselben am stärksten angehäuft sind. In der Zeit der Samenreife, wo alle oberirdischen Teile bereits ausgebildet sind, findet jedoch keine weitere oder doch nur eine äußerst geringe Rückwanderung von Saccharose aus der Wurzel statt, darum zeigt sich auch in diesem Vegetationsstadium kein Überwiegen des Invertzuckers gegenüber dem Rohrzucker weder im Hauptstengel noch in den Seitenzweigen. Es ist bekannt, daß auch die Blätter der Samenrübe Rohrzucker produzieren; der oft sehr hohe Zuckergehalt einjähriger Schoßrüben ist ein Beweis hierfür. In diesem Umstande ist auch die Erklärung dafür zu suchen, daß in unserem Falle die Wurzel zur Zeit der Samenreife rohrzuckerreicher als in der Zeit vor der Blüte war.

Im ersten Wachstumsjahre der Rübe findet also eine Zuckerzuwanderung in der Form von Saccharose aus den Blättern zur Wurzel statt, im zweiten Wachstumsjahre tritt dagegen eine Saccharose-Rückwanderung in Form von reduzierenden Zuckerarten aus der Wurzel zu den neugebildeten oberirdischen Teilen (Stengel und Blätter) ein. Im ersten Wachstumsjahre müssen daher die Saccharose bildenden Enzyme vorherrschend sein, und zwar in den Blättern, im zweiten dagegen die invertierenden Enzyme überwiegen, aber nicht in den Blättern, sondern in der Wurzel. Diese Annahme hat keineswegs etwas Gezwungenes an sich, da es ja bekannt ist, daß die Bildung und Menge der Produktion von Enzymen an bestimmte Entwicklungsphasen der Organismen gebunden ist, wie zum Beispiel die Bildung der Diastase,

eines der typischesten Enzyme, in den keimenden Gerstenpflanzen beweist.

Die Möglichkeit des Vorhandenseins größerer Mengen von Saccharose in der Rübenwurzel am Ende des zweiten Wachstumsjahres und die leichte Wanderungs- und Wandlungsfähigkeit dieses Kohlenhydrats sind auch, wie wir in Gemeinschaft mit H. Briem [19]) nachweisen konnten, die Ursache, daß die Zuckerrübe als drei-, ja sogar selbst als fünfjährige Pflanze auftreten kann. Anderseits ist in dem Vorkommen der Saccharose in der noch ganz jugendlichen Wurzel unserer Meinung nach eine der Ursachen des Schossens der Zuckerrübe, durch welche die durch Zucht zweijährige Pflanze wiederum einjährig wird, zu suchen. Hervorragende Vertreter der agrikulturchemischen Forschung erblicken nämlich in einer frühen Bestellung, also in einer Zeit, in welcher Temperaturrückschläge häufig sind, die Verursachung des Schossens der Rübe. Durch Frost oder dem Gefrierpunkt nahe Temperaturen wird in den jungen Pflanzenwurzeln aber die Atmungsintensität eine weitgehendere Herabsetzung als die Wirkung der Enzyme, deren frühzeitige Anwesenheit in der jungen Rübenwurzel A. Mayer nachgewiesen hat und deren Reaktionsfähigkeit von der Temperaturhöhe beeinflußt wird, erfahren, so daß die Produktion an reduzierendem Zucker eine größere ist, als in der Atmung verbraucht wird. Aber auch in den oberirdischen Teilen, den jungen Blättern, wird bei dieser niederen Temperatur das Ineinandergreifen von Atmung und Assimilation ein anderes sein als bei normalen, der betreffenden Vegetationszeit entsprechenden Temperaturen und muß hierdurch in jedem Falle das stoffliche Gleichgewicht in der jungen Pflanze gestört und infolgedessen das Verhältnis des osmotischen Druckes zwischen Wurzel einerseits und Blätteranlage anderseits, das ja nach L. Maquenne [20]) im Leben der Zuckerrübe eine so große Rolle spielt, verschoben werden. Überschreitet diese Störung des stofflichen Gleichgewichtes eine gewisse Grenze, welche für die verschiedenen Rüben eine individuell verschiedene sein wird, so muß sich dies auch in dem späteren Wachstumsverlaufe der Pflanze geltend machen. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird unter diesen veränderten Verhältnissen der in der Wurzel mehrgebildete, nicht zur Veratmung gelangende, reduzierende Zucker den Vegetationspunkten zugeführt und so durch forcierte einseitige Anhäufung von Baumaterial für die Ausbildung der oberirdischen Teile, in diesen eine die ganze Vegetationsdauer der Rübe verkürzende

Tendenz geweckt, resp. eine Beschleunigung von Stengel- und Blütenbildung herbeigeführt.

Die Bedeutung des Blattapparats für die Aufspeicherung der Saccharose in der Rübenwurzel wurde frühzeitig, und zwar schon von Achard[21]), dem Begründer der Rübenzuckerindustrie, erkannt und vor nicht zu langer Zeit wurde von H. Plahn wiederum dargetan, daß die Zuckeranhäufung in der Rübenwurzel bei gleichen Belichtungsverhältnissen desto günstiger beeinflußt wird, je höher die Blattprozente sind. Eine Behauptung, welche auch im guten Einklange mit den Beobachtungen steht, die wir an den eingangs dieser Abhandlung beschriebenen, merkwürdigen einjährigen Schoßrüben machen konnten, denn von den beiden untersuchten Rüben hatte jene mit drei Stengeln, also mit verdreifachtem Blattapparat, auch den höheren Zuckergehalt.

Eine Schädigung des Blattaparats wird daher auch immer mit einer Schädigung der Zuckerproduktion verbunden sein. Daß das von der landwirtschaftlichen Praxis des öfteren geübte Abblatten der Zuckerrübenpflanzen für die Qualität der Rübe von nachteiligem Einfluß ist, haben zahlreiche Untersuchungen dargetan. Schacht, Bretschneider, Nobbe, Siegert, Peters, Leplay, Breitenlohner und viele andere konnten nachweisen, daß durch dasselbe eine Verminderung des Saccharosegehaltes der Rübenwurzel herbeigeführt wird, was auch wir durch eigene Beobachtungen bestätigt fanden. So erhielten wir vom Herrn Direktor H. Briem zwei Proben von Zuckerrübenwurzeln, welche unter den gleichen Bedingungen erwuchsen und Ende Oktober geerntet waren. Bei den Rüben der einen Probe waren jedoch am 8. August sämtliche Blätter mit der Sense abgeschnitten worden, während die Rüben der anderen Probe unberührt geblieben waren. Die entblätterten Rüben hatten bis zur Ernte wieder eine neue Blätterkrone angesetzt. Die Untersuchung der beiden Rübenproben ergab nachstehende Resultate:

Durchschnittsgewicht der Blätter einer Pflanze in Gramm:

Blätter unberührt gelassen	Blätter am 8. August abgeschnitten
191	140

Durchschnittsgewicht der Wurzel einer Pflanze in Gramm:

Blätter unberührt gelassen	Blätter am 8. August abgeschnitten
382	297

Zuckergehalt der Wurzel in Prozent:

Blätter unberührt gelassen	Blätter am 8. August abgeschnitten
19·36	17·05

Weiters hat Claassen[22]), welcher sich ebenfalls mit dem Studium dieses Gegenstandes befaßte, dargetan, daß die Verminderung der Zuckerproduktion durch Abblättern von der Art des Abblattens abhängig ist, jedoch mit demselben nicht immer eine Verminderung des prozentischen Zuckergehaltes verbunden sein muß. daß aber immer durch das Abblatten die Entwicklung des Wurzelgewichtes herabgesetzt wird, und daher mit dieser Operation stets eine Verminderung des Ernteertrages verbunden ist.

Wie die Verhandlungen des im Jahre 1906 zu Rom abgehaltenen internationalen Kongresses für angewandte Chemie[23]) dargetan haben, herrschen aber trotz des hier Mitgeteilten über die Schädlichkeit des Abblattens der Zuckerrübe noch geteilte Anschauungen, weshalb ich mich veranlaßt sah, dem Gegenstande durch in Gemeinschaft mit Direktor H. Briem und O. Fallada ausgeführte Versuche neuerdings näherzutreten. Diese Versuche kamen auf einem uns von Herrn kaiserl. Rat J. Wohanka gütigst zur Verfügung gestellten Felde der Rübensamenzuchtstation Uholičky zur Ausführung. Die Versuchspflanzen entstammten dem gleichen Samen und standen in bezug auf Bodenbeschaffenheit, Düngung, Kultur, Witterungseinflüsse etc. unter vollständig gleichen Wachstumsbedingungen. Das Feld war in mehrere gleich große Parzellen zerlegt. Die Pflanzen einer Parzelle blieben unberührt, die der anderen Parzellen wurden in verschiedenen Zeiten entblättert, gleichzeitig aber wurden von jeder Parzelle immer auch Proben von unentblätterten Pflanzen entnommen, um deren Zusammensetzung zur Zeit der Entblätterung feststellen zu können. Das Entblättern geschah mit der Sense, und zwar so, daß von den Blattspreiten nichts mehr an den Pflanzen blieb, sondern nur 5 bis 7 *cm* lange Stengelreste. Der Anbau erfolgte am 6. April, das Vereinzeln am 6. Juni und die Haupternte am 12. Oktober. Die von uns vorgenommenen Untersuchungen ergaben die in beistehenden Tabellen verzeichneten Resultate:

Zusammensetzung der Blätter.

	Nicht entblättert und geerntet am				Entblättert am			
	12. Juli	30. Juli	24. Aug.	12. Okt.	12. Juli	30. Juli	24. Aug.	24. Aug.[1])
					und geerntet am 12. Okt.			
Durchschnittsgew. i. G.	330	310	317	167	109	111	100	100
Rohrzuckergeh. i. Proz.	Spuren	0·75	2·0	0·70	1·40	0·70	1·20	1·50
Invertzuckergeh. „	0·53	1·06	1·48	1·30	0·63	0·74	1·07	1·30
Wassergehalt in „	90·00	88·67	84·13	83·43	85·40	85·11	85·01	85·57
	In der sandfreien Trockensubstanz							
Rohrzucker in Proz.	Spuren	8·71	13·28	4·35	10·85	5·43	9·05	11·16
Invertzucker „ „	5·55	9·59	9·83	8·08	4·89	5·74	8·07	9·67
Stickstoffsubstanz. „	17·02	17·62	13·63	17·54	19·25	21·54	24·05	18·70
Mineralstoffe in „	19·33	23·12	19·98	15·77	18·78	20·86	18·56	15·99

[1]) Nur die äußeren Randblätter entfernt.

Zusammensetzung der Wurzel.

	Nicht entblättert und geerntet am				Entblättert am			
	12. Juli	30. Juli	24. Aug.	12. Okt.	12. Juli	30. Juli	24. Aug.	24. Aug.[1])
					und geerntet am 12. Okt.			
Durchschnittsgew. i. G.	130	165	357	692	436	411	530	500
Rohrzuckergeh. i. Proz.	9·2	14·4	17·82	17·16	17·66	16·39	16·72	17·93
Wassergehalt in „	85·06	77·22	75·38	75·21	74·33	74·89	76·00	74·68
Rohrzuckerproduktion pro Pflanze in Gramm	11·96	23·76	63·62	118·75	77·00	67·36	88·61	89·65
	In der sandfreien Trockensubstanz							
Rohrzucker in Prozent	62·77	70·24	72·42	70·72	69·12	65·78	71·64	72·25
Stickstoffsubst. „	6·23	6·27	5·59	6·45	5·65	4·85	6·05	6·56
Mineralstoffe i. „	3·72	3·98	3·29	2·62	2·82	3·05	2·81	2·26

[1]) Nur die äußeren Randblätter entfernt.

Die Zahlen dieser Tabelle zeigen, daß sowohl durch ein frühzeitiges wie auch durch ein Entblättern in einem späteren Wachstums-

stadium das Produktionsvermögen der Zuckerrübenpflanze in bezug auf die Entwicklung ihres Wurzelgewichtes in jedem Falle geschädigt wird und daß mit dieser Schädigung auch eine Verminderung des Zuckerertrages gegenüber normal entwickelten Pflanzen eintritt. Diese Verminderung der Rohrzuckerproduktion kommt aber nicht immer im prozentischen Zuckergehalte der betreffenden Rübenwurzel zum Ausdruck, indem entblätterte Rüben bei der Ernte oft einen höheren prozentischen Saccharosegehalt der Wurzel aufweisen können als nichtentblätterte Pflanzen. Die Größe der Schädigung des Zuckergehaltes ist eben vom Zeitpunkte der Entblätterung abhängig, geschieht dieses unmittelbar vor jener Vegetationsperiode, in welcher in den Blättern die größte Zuckerproduktion stattfindet, in unserem Falle ist dies und in Übereinstimmung mit dem diesbezüglich bereits früher Gesagten, nach den in der Tabelle mitgeteilten Zahlen der Blätteranalyse, der Monat August, so sinkt auch der prozentische Zuckergehalt der geernteten Wurzeln. Ein Entblättern in diesem Zeitpunkte bringt die größte Schädigung sowohl in bezug auf Wurzelgewicht als Rohrzuckerertrag mit sich. Geschieht das Entblättern längere Zeit vor der genannten Wachstumsperiode, so daß der Blattapparat bis zur Zeit der größten Zuckerproduktion wiederum neugebildet ist, so kann der prozentische Zuckergehalt die Höhe des Gehaltes normal erwachsener Wurzeln erreichen und dadurch auch die produzierte Gesamtsaccharosemenge steigern. In diesem Falle bleibt aber die geerntete Zuckermenge immer noch hinter jener normaler Pflanzen zurück und erreicht nicht jenes Quantum, welche Rüben, die erst nach der Zeit der größten Zuckerproduktion (Ende April) entblättert werden, ergeben. Auch durch ein bloßes Entfernen der äußeren Rübenblätter in dem letztgenannten Zeitpunkte, machte sich in unserem Falle eine Schädigung, wenn auch im geringerem Maße, deutlich erkennbar.

Die Assimilation und damit die Zuckerbildung ist an das Licht gebunden und war die Bedeutung dieser Energieform für das Gedeihen der Zuckerrübenpflanze ebenfalls bereits Achard bekannt[24]). Pagnoul[25]) und später H. Briem[26]) erbrachten dann durch Beobachtung an Schattenrüben auch experimentelle Beweise für die Schädlichkeit des Lichtmangels während des Wachstums der Rübenpflanzen, indem durch einen solchen sowohl das Erntegewicht wie die Zuckerbildung herabgesetzt wurde. Ferner hat A. Petermann[27]) durch eine Reihe von Jahren die Beleuchtungsverhältnisse während der Vegetationszeit der Zuckerrübe beobachtet und gefunden, daß

der Zuckergehalt der Rübenwurzel im geraden Verhältnis zur Stärke der Belichtung während der gesamten Wachstumszeit der Rübenpflanze steht, und S. Strakosch hat dargetan[28]), daß die Zuckerrübe in ausschließlich diffusem Tageslichte, genügende Stärke desselben vorausgesetzt, wohl zur normalen Entwicklung gebracht werden kann, aber durch das direkte Sonnenlicht eine Förderung der Substanzvermehrung namentlich in den Wurzeln bewirkt wird. Das Fehlen der direkten Besonnung hat ferner nach Strakosch eine namhafte Steigerung der Nichtzuckerstoffe im Rübensafte zur Folge sowie eine Verringerung des prozentuellen Zuckergehaltes. Die Verminderung des prozentischen Zuckergehaltes braucht aber, wie Schreiber dieses beobachten konnte, wegen des schwankenden Wassergehaltes der frischen Rüben nicht auch bei diesen selbst zum deutlichen Ausdrucke kommen, sie macht sich aber stets in der prozentischen Zusammensetzung der Rübentrockensubstanz geltend.

Daß durch einseitige Belichtung der Zuckerrübe mittels bestimmter Lichtfarben die Speicherung der Saccharose in der Rübenwurzel nicht einseitig befördert werden kann, habe ich an anderem Orte bewiesen[29]). Ich habe dort auch gezeigt, daß die Zuckerrübe, ebenso wie dies bereits für zahlreiche andere Pflanzen dargetan wurde, zur Erzeugung ihrer organischen Substanz in erster Richtung der Mitwirkung des gelben Lichtes, also der sogenannten leuchtenden Strahlen, bedarf und für den genannten Prozeß der Mitwirkung des violetten und ultravioletten Lichtes, also der chemischen Strahlen, vollständig entbehren könnte. Auch zur Erzeugung des Zuckers in der Rübe wären letztere nicht notwendig, jedoch ist es nach unseren zitierten Versuchen höchstwahrscheinlich, daß die violetten und ultravioletten Strahlen im Verein mit den blauen Strahlen die Zuckeranhäufung in der Rübe indirekt begünstigen und daher diese mitmaßgebend für die Höhe des Zuckergehaltes derselben sind. Da ferner das rote Licht aller Wahrscheinlichkeit nach Aufgaben der Wachstumsregulierung zu erfüllen hat, so bedarf eben auch die Zuckerrübe wie alle bisher in dieser Richtung untersuchten Pflanzen zu ihrem Gedeihen ausschließlich des gemischten Lichtes, wie es von der Sonne zur Erde gesandt wird. Die Wirkung dieses gemischten Lichtes auf die Entwicklung der Zuckerrübenpflanze macht sich in zweierlei Richtung besonders geltend: Einmal dadurch, daß das Licht, wie Strakosch in seiner obenzitierten Abhandlung nachgewiesen hat, den Bau des Blattes selbst beeinflußt und, wie ferner O. Vibrans[30]) gezeigt, auch hierdurch das Verhältnis des Blattgewichtes zum Wurzel-

gewicht bedingt wird, und dann anderseits in der Weise, daß der Verlauf des chemischen Prozesses der Zuckerbildung selbst unter dem Einflusse des Lichtes steht. Auch in letzterwähnter Beziehung verdanken wir S. Strakosch wichtige Aufschlüsse, indem derselbe erst vor ganz kurzer Zeit nachgewiesen hat, daß die Umwandlung der Monosaccharide des Blattes in Saccharose an das Licht gebunden ist und aufhört, sobald das Blatt verdunkelt wird[31]). In dem zuletztgenannten Umstande und in der von J. Wiesner nachgewiesenen Tatsache[32]), daß die Blätter von Pflanzen, welche unter Ausschluß des direkten Sonnenlichtes gezogen wurden, größere Mengen von Assimilaten enthalten, welche auch weniger rasch verwertet und abgeleitet werden als jene normaler Blätter, möchte ich die Ursache der von allen mit dem Gegenstande sich beschäftigenden Forschern in bezug auf ihre technische Verarbeitung konstatierten schlechteren Qualität von bei mangelndem Lichtgenuß erwachsenen Zuckerrüben erblicken. Da vollständige Analysen von Zuckerrübenwurzeln, welche bei Lichtmangel erwachsen waren, im Vergleich mit Normalrüben, soweit mir bekannt, in der Literatur nicht vorliegen, so will ich solche an dieser Stelle mitteilen. Die betreffenden Rüben waren aus Samen derselben Abstammung gezogen und standen unter vollständig gleichen Vegetationsbedingungen, nur mit dem Unterschiede, daß zu den einen das Tageslicht vollständig freien Zutritt hatte, während dasselbe bei den anderen durch Baumschatten gehindert war, und zwar bei der einen Versuchsparzelle am Vormittag, bei der anderen am Nachmittag. Die von mir in Gemeinschaft mit O. Fallada ausgeführten Untersuchungen ergaben nachstehende Resultate:

	Versuchsparzelle *A*.		Versuchsparzelle *B*.	
	Freier Lichtzutritt	Vormittagschatten	Freier Lichtzutritt	Nachmittagschatten
Durchschnittsgewicht der Blätter einer Pflanze in Gramm . . .	160	180	280	185
Durchschnittsgewicht der Wurzel einer Pflanze in Gramm . . .	467	200	440	155
Auf 100 Gewichtsteile Wurzelgewicht entfallen Gewichtsteile Blätter	34·2	90·0	63·7	119·3
Rohrzuckergehalt der Wurzel in Prozent	17·16	17·05	16·39	16·50
Wassergehalt der Wurzel in Prozent	76·06	75·05	77·31	75·97
Rohrzuckerproduktion pro Pflanze in Prozent	80·1	34·1	72·1	25·6

Zusammensetzung der sandfreien Trockensubstanz.

Eiweiß	4·65	4·64	4·93	5·16
Nichteiweißartige Stickstoffsubst.	1·46	1·65	1·35	1·48
Fett	0·14	0·17	0·15	0·16
Rohrzucker	72·31	68·97	72·75	69·06
Pentosen	8·53	9·28	9·43	9·44
Nicht näher bestimmte stickstoffreie Extraktivstoffe	3·55	5·40	2·02	4·80
Rohfaser	6·87	6·78	6·75	6·80
Reinasche	2·49	3·11	2·62	3·10
	100·00	100·00	100·00	100·00

In der hier mitgeteilten prozentischen Zusammensetzung der Trockensubstanz der Schattenrüben kommt durch den verminderten Rohrzuckergehalt und die Erhöhung fast aller Nichtzuckerstoffe die für die technische Verarbeitung mindere Qualität der Schattenrüben gegenüber Normalrüben in beiden Fällen zu deutlichem Ausdrucke.

Lichtmangel und Art der Belichtungsverhältnisse sind daher nicht nur von großer Bedeutung für die Saccharosespeicherung in der Zuckerrübe, sondern auch für die Qualität derselben in bezug auf ihre technische Verwendbarkeit. Zahlreichen klassischen Arbeiten meines hochverehrten ehemaligen Lehrers Julius Wiesner verdanken wir die genauere Kenntnis der vielfachen Beziehungen des Lichtes zur Pflanzenwelt; diese Beziehungen (Lichtklima) angewendet auf das Studium der Wachstumsbedingungen der Zuckerrübe könnten uns vielleicht die Lösung der Frage bringen, warum manche Länder und Landesgebiete trotz günstiger Bodenbeschaffenheit und in bezug auf Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse gleicher klimatischer Faktoren sowie derselben Kultur für den Zuckerrübenbau weniger geeignet sind als andere. Derartige Studien durchgeführt, würden gewiß von größter wirtschaftlicher Bedeutung werden und dadurch zu Julius Wiesners bisherigen Verdiensten um Wissenschaft und Technik ein weiteres Ruhmesblatt hinzufügen.

Literaturverzeichnis.

[1]) Wiesner J., Untersuchungen über das Auftreten von Pectinkörpern in den Geweben der Runkelrübe, Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissenschaften, Wien I., 1865. Einleitung in die technische Mikroskopie«, Wien, 1867. Rohstoffe des Pflanzenreiches«, 1. Aufl., 1873.

[2]) Pfeffer, »Pflanzenphysiologie«, I. Bd., 2. Aufl., pag. 76.

[3]) »Flora«, Ergänzungsband, 1894, pag. 419.

[4]) Bericht d. botan. Gesellschaft 1896, pag. 206.

[5]) A. Girard, Compt. rend., T. 102, pag. 1324, 1489, 1565 und T. 103, pag. 72 und 159. Siehe auch »Organ des Zentralvereines für Rübenzuckerindustrie in der österr.-ung. Monarchie«, XVI. Jahrg., 1887, pag. 701 und 849.

[6]) F. Strohmer, »Entstehung des Zuckers in der Rübe«, Österr.-ung. Zeitschrift für Zuckerindustrie und Landwirtschaft, XXV. Jahrg. 1896, pag. 589.

[7]) Siegfried Strakosch, »Über den Einfluß des Sonnen- und des diffusen Tageslichtes auf die Entwicklung von *Beta vulgaris* (Zuckerrübe)«, Österr.-ung. Zeitschrift für Zuckerindustrie und Landwirtschaft, XXXV. Jahrg. 1906, pag 1.

[8]) Gonnermann, Zeitschrift des Vereines der Deutschen Zuckerindustrie, 48. Band, 1898, II. T., pag. 667.

[9]) A. Girard, loc. cit.

[10]) F. Strohmer, »Entstehung des Zuckers in der Rübe«, loc. cit. Siehe auch F. Strohmer, H. Briem und O. Fallada, »Beitrag zur Kenntnis des Verlaufes der Nährstoffaufnahme und des Nährstoffverbrauches der Zuckerrübe im ersten Wachstumsjahre«, Österr.-ung. Zeitschrift für Zuckerindustrie und Landwirtschaft, XXXVI. Jahrg., 1907, pag 207.

[11]) F. Strohmer, H. Briem und O. Fallada, »Beitrag zur Kenntnis des Verlaufes der Nährstoffaufnahme etc «, loc. cit

[12]) J. Reinke, »Philosophie der Botanik«, Leipzig, 1905, pag. 46.

[13]) F. Strohmer, »Über die Atmung der Zuckerrübenwurzel«. Österr.-ung. Zeitschrift für Zuckerindustrie und Landwirtschaft, XXXI. Jahrg. 1902, pag. 933—1006.

[14]) F. Strohmer, H. Briem und A. Stift, »Über den Nährstoffverbrauch und die Stoffbildung der Zuckerrübe im zweiten Wachstumsjahre« Österr.-ung. Zeitschrift für Zuckerindustrie und Landwirtschaft, XXI. Jahrg. 1892, pag. 244, XXIII. Jahrg. 1894, pag. 240, XXIV. Jahrg. 1895, pag. 279 und 788.

[15]) Österr.-ung. Zeitschrift für Zuckerindustrie und Landwirtschaft, XVIII. Jahrg. 1889, pag 406.

[16]) Gonnermann, loc. cit.

[17]) Czapek, »Biochemie der Pflanze«, 1905, 1. Bd., pag. 375.

[18]) »Zeitschrift für Zuckerindustrie in Böhmen , XXXI. Jahrg., 1907, pag. 207, »Österr.-ung. Zeitschrift für Zuckerindustrie und Landwirtschaft«, XXXII. Jahrg., 1907, pag. 314.

[19]) F. Strohmer, H. Briem und A. Stift, »Über mehrjährige Zuckerrüben und deren Nachzucht«, »Österr.-ung. Zeitschrift für Zuckerindustrie und Landwirtschaft«, XXIX Jahrg. 1900, pag. 5 2.

[20]) Compt rend. de l'Acad. des sciences, CXXI, pag. 834 Chem. Zentralblatt, LXVII. Jahrg. 1896, 1 Bd., pag. 337.

[21]) F. C. Achard, »Kultur der Runkelrübe«, Berlin, 1799, pag. 29.

[22]) Zeitschrift des Vereines der Deutschen Zuckerindustrie, 1902, II. T., pag. 843.

[23]) Bericht über den sechsten internationalen Kongreß für angewandte Chemie, Rom 1906, Beratungen der Sektion V.

[24]) F. C. Achard, »Kultur der Runkelrübe«, 1799, pag. 35.

[25]) Ann. agronomiq, T. II, Cah. 4, siehe auch Stammers Jahresbericht für Zuckerfabrikation, 1880, XX. Jahrg., pag. 35.

[26]) Organ des Zentralvereines für Rübenzuckerindustrie in der österr.-ung. Monarchie, 1880, XVIII. Jahrg., pag. 831.

[27]) Bulletin de la station agronomique de l'état à Gembloux Nr. 45, siehe auch Stammers Jahresbericht für Zuckerfabrikation, 1890, XXX. Jahrg., pag. 3.

[28]) Siegfried Strakosch, »Über den Einfluß des Sonnen- und des diffusen Tageslichtes auf die Entwicklung von *Beta vulgaris*«. Österr.-ung. Zeitschrift für Zuckerindustrie und Landwirtschaft, XXXV. Jahrg., 1906, pag. 1.

[29]) F. Strohmer und A. Stift, »Über den Einfluß der Lichtfarbe auf das Wachstum der Zuckerrübe«, Österr.-ung. Zeitschrift für Zuckerindustrie und Landwirtschaft, Jahrg. 1904, pag. 17.

[30]) Zentralblatt für die Zuckerindustrie, XI Jahrg., 1903, pag 809 u. 829.

[31]) Siegfried Strakosch, »Ein Beitrag zur Kenntnis des Kohlehydratstoffwechsels von *Beta vulgaris*«, Sitzungsber. der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, mathem.-naturw. Klasse, Bd. CXVI, Abt. I, Juni 1907.

[32]) J. Wiesner, Sitzungsber. der kaiserl. Akademie der Wissenschaften, Bd. 113, 1904.

Mikroskopische Untersuchung altägyptischer Inschriftenhölzer

von

A. Jenčič (Wien).

Eingelangt am 23. Oktober 1907.

Der reiche Dokumentenschatz aus el-Fajûm, welcher in der k. k. Hofbibliothek in der Sammlung der »Papyrus Erzherzog Rainer« vereinigt ist, enthält verschiedene Arten von Beschreibstoffen. Die Papyrus und Papiere dieser Sammlung bildeten bekanntlich den Gegenstand der bedeutenden Untersuchungen Julius Wiesners, welcher in seiner klassischen Studie eine Fülle von für die Geschichte des Papiers wichtigen Tatsachen gefunden hat. Außer Papyrus und Papieren enthält die Sammlung noch Tierhäute, Leder, Pergamente, Gewebestoffe und auch einige Holztäfelchen. Letztere wurden von C. Wessely[1]) 1889 herausgegeben. Später wurden von der Sammlung der Papyrus Erzherzog Rainer noch einige andere Holztäfelchen akquiriert, die von Professor Krall auf seiner zweiten ägyptischen Reise angekauft worden waren.

Von diesen kommt der griechische Teil von C. Wessely und deren ägyptischer Text von N. Reich soeben in C. Wesselys Studien zur Paläographie und Papyruskunde, Bd. VII, zur Publikation.

Materielle Untersuchungen derartiger alter beschriebener Täfelchen sind bisher nur in Paris von Decaisne[2]) durchgeführt

[1]) Wessely C., Holztäfelchen der Sammlung der Papyrus Erzherzog Rainer. Mitteilungen aus der Sammlung der Papyrus Erzherzog Rainer. Herausgegeben und red. von Josef Karabacek, V. Bd., pag. 11 ff.

[2]) Le Blant. Tablaï égyptiennes in der Revue archeologique. N. S. XXVIII, pag. 244. Nur folgender Satz berichtet darüber: Mon savant confrère M. Decaisne, qui a bien voulu examiner le bois de mes tablettes, y a reconnu celui du pleatane, du sycomore, d'un acacia (*A. Nilotica?*) et de différents conifères. le pin, le sapin et le cèdre.

worden. Es war mir daher außerordentlich erwünscht, daß mir Herr Hofrat Ritter von Karabacek, Direktor der Hofbibliothek, in entgegenkommender Weise erlaubte, alle daselbst verwahrten Holztäfelchen zu untersuchen. Es sei mir gestattet, ihm an dieser Stelle dafür meinen herzlichsten Dank auszusprechen. Ebenso bin ich Herrn Prof. C. Wessely, unter dessen eigentlicher Verwahrung sich die Täfelchen befinden, für das rege Interesse, das er meiner Arbeit entgegenbrachte und für die allseitige Förderung derselben zu besonderem Danke verpflichtet.

Die unten genauer untersuchten Täfelchen sind sogenannte Mumientäfelchen oder Mumienetiketten, wie sie in neuerer Zeit in größeren Mengen gefunden wurden [1]). Es sind dies meist rechteckige Brettchen in verschiedener Weise zugeschnitten. Diese Täfelchen wurden an die Mumie festgebunden und waren dazu bestimmt, die im ganzen uniformen Mumien zu erkennen, entweder während des Transports oder auch in der Nekropole selbst. Während des Transports diente wahrscheinlich das Täfelchen nicht selten gewissermaßen als Begleitadresse, insofern als darauf der Ort verzeichnet war, wohin die sterblichen Überreste zu überführen waren. Sehr oft finden sich religiöse Texte oder Segenssprüche für den Toten auf den Täfelchen, manchmal auch Geburts- und Todesdaten und der Ort der Herkunft des Toten. Es ist im höchsten Grade wahrscheinlich, daß diese Täfelchen nur einen zeitlichen, provisorischen Zweck zu erfüllen hatten, daher wurde auch auf ihre Verarbeitung und Ausführung bedeutend weniger Sorgfalt verwendet als auf die Mumien selbst. Von den von mir untersuchten Täfelchen war nur eines sehr schön ausgeführt, die meisten waren äußerlich nur roh bearbeitet. Allerdings kann man gerade aus diesem Grunde, weil ja die Spuren derjenigen Instrumente, mit denen die Brettchen behandelt worden waren, noch deutlich zu sehen sind, eher einen Schluß auf deren Beschaffenheit ziehen. So unterliegt es keinem Zweifel, daß die Säge fleißig benützt wurde, um die Täfelchen zurecht zu sägen, auch kann man in den meisten Fällen konstatieren, daß das Messer eine große Rolle spielte. Bei mehreren besser ausgeführten Mumienetiketten dürfte schon ein hobelartiges Instrument in Anwendung gekommen sein.

Hieratische Holzstücke.

Zu den ältesten, auch in der k. k. Hofbibliothek aufbewahrten Hölzern zählen 19 Holzstücke, welche spärlich mit hieratischen

[1]) Spiegelberg W., »Ägyptische und griechische Eigennamen aus Mumienetiketten der römischen Kaiserzeit«. Leipzig 1901, pag. 1.

Schriftzeichen bedeckt sind, die bisher nicht entziffert und gelesen wurden. Diese Holzstücke stammen ebenfalls aus Ägypten und wurden an einem heute nicht mehr zu eruierenden Orte Ägyptens von Professor Krall gelegentlich seiner Reise im Jahre 1899/1900 akquiriert und nach Wien gebracht.

Die einzelnen Holzstücke sind einander in Form und Farbe sehr ähnlich, sie haben eine Länge von zirka 34·5 *cm*, eine Breite von meist 3·3 *cm*, zwei davon nur eine solche von 2·8 *cm*; die Dicke beträgt in der Regel 2·2 *cm*, nur zwei, sonst normal lang und breit, sind 1·7 *cm* dick. Es sind Prismen, deren Flächen in den meisten Fällen scharfkantig aneinanderstoßen. Die Färbung der Hölzer ist dunkelbraun, einige wenige scheinen mit einer Farbe angestrichen gewesen zu sein, vielleicht um dadurch eine glattere Oberfläche zu erzielen. An den beiden Enden befindet sich je ein Bohrloch, glatt und ziemlich rund gebohrt. In vielen dieser Löcher befindet sich noch ein Holzzapfen. An den seitlichen Längsflächen sind noch deutliche Spuren einer primitiven, jedenfalls nur schlecht und langsam schneidenden Säge wahrzunehmen. Wie bereits erwähnt, sind die Kanten scharf, in manchen Fällen aber auch abgerundet; ob dies durch den Gebrauch herbeigeführt wurde oder ursprünglich schon so war, läßt sich jetzt um so weniger entscheiden, als man nicht weiß, zu welchem Zweck diese Holzstücke dienten. Es ist wahrscheinlich, daß diese 19 Holzstücke entweder zu einem oder mehreren Rahmen oder Gestellen zusammengefügt waren.

Mikroskopischer Befund. Das Holz besteht aus gleichartigen, mit einer oder manchmal auch zwei Reihen von Hoftüpfeln bedeckten Tracheiden, woraus wir schon mit großer Sicherheit schließen können, daß wir es mit einer Konifere zu tun haben. Bei eingehender Betrachtung der Holzstrangtracheiden fällt uns die zierliche Lappung der Scheiben der Schließhäute auf. Am radialen Schnitt sieht man die Parenchymzellen der Markstrahlen teilweise oder auch ganz mit Harz erfüllt. Die parenchymatischen Markstrahlzellen zeigen zahlreiche einfache Wandtüpfel (Poren). Am tangentialen Schnitt stellt es sich heraus, daß die Markstrahlen stets einreihig sind; ich habe außerordentlich zahlreiche Schnitte durchsucht und immer nur dasselbe Resultat gefunden. Ich bin in der Lage, mit großer Bestimmtheit dieses Holz für das der Libanonzeder zu erklären. Insbesondere sprechen die zierlich gelappten Scheiben der Schließhäute für dieses Resultat, denn diese sind außer-

ordentlich typisch für *Cedrus Libani* und kommen sonst bei keiner Konifere vor [1]).

Bekanntlich war das Holz der Zeder, das heute nicht mehr auf den Weltmarkt kommt, im Altertum wegen seiner Unverwüstlichkeit besonders geschätzt [2]). Die ganz ausgezeichnete Konservierung dieser 19 Holzstücke ist ja ein sprechender Beweis für die enorme Haltbarkeit dieses Materials.

Mumientäfelchen.

Um eine genaue Beschreibung der Mumienetiketten zu ermöglichen und alle Irrtümer auszuschließen, nahm ich die Täfelchen immer so in die Hand, daß die darauf befindliche Schrift richtig zu lesen war; darauf beziehen sich die Ausdrücke oben und unten, rechts und links etc. Hatte das Täfelchen zwei Inschriften, eine demotische und eine griechische, richtete ich mich immer nach dem griechischen Text. Tafeln mit rein demotischen Schriftzeichen sind im nachfolgenden nicht beschrieben.

Ich beschreibe zuerst einige von C. Wessely bereits edierte Mumientäfelchen, die nach der Nummer bezeichnet sind, wie sie in der Ausstellung der Sammlung der Papyrus Erzherzog Rainer aufgestellt sind. Die mit »Vorl. Nr.« bezeichneten Täfelchen sind jene, welche soeben von Professor Wessely und Dr. Reich ediert werden. Die fehlenden Nummern behalte ich mir vor, in einer späteren Publikation zu beschreiben.

Ausstellungsnummer **36**.

Große Holztafel 15·5 *cm* × 14 *cm*, Dicke zirka 1 *cm*. Die Mumientafel, wohl eine der größten, ist von rechteckiger Form und hat in der Mitte zu beiden Schmalseiten trapezförmige Ansätze, 2·1 *cm* breit, 4 *cm* hoch, die Ecken dieser Ansätze sind jedoch ungleichmäßig und kantig abgerundet. In diesen Ansätzen befinden sich glatte Bohrlöcher, ebenso eines in der Mitte am oberen Rande.

Die bereits von Wessely [3]) gelesene und edierte Tafel ist auf der mit griechischem Text beschriebenen Seite gut geglättet, weniger schön auf der unbeschriebenen Fläche, an der man noch die Spuren der Säge wahrnimmt.

---

[1]) Vergl. hierzu Wiesner J., »Rohstoffe des Pflanzenreiches«, I. u. II. Aufl.

[2]) Blümner Hugo, »Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern«, Leipzig 1879, II. Bd., pag. 255.

[3]) Wessely, loc. cit. pag. 17.

Aus der Mitte des unteren unbeschriebenen Randes wurde mit Hilfe eines scharfen Skalpells ein für die mikroskopische Untersuchung genügend großer Splitter von zirka 1 *cm* Länge herausgeschnitten, und zwar trachtete ich, um das wertvolle Material möglichst wenig zu beschädigen, eine Schnittfläche so zu erhalten, daß sie den radialen Schnitt darstellte, was ja durch die deutlich sichtbaren Markstrahlen leicht gelang. Das Holz, aus dem diese Tafel besteht, ist sehr raschwüchsig, denn die Jahresringe, durch dunkelbraun gefärbte Längsstreifen charakterisiert, sind von verhältnismäßig großer Breite.

Das Holz besteht aus gleichartigen Elementen: hofgetüpfelten Tracheiden. Meist sind die Hoftüpfel nur in einfacher Reihe zu finden, ausnahmsweise kommen an den breiten Frühholztracheiden auch zwei Reihen vor; zwischen den einreihig und zweireihig getüpfelten Zellen gibt es auch zahlreiche Übergänge, insofern als einzelne Hoftüpfel aus der Reihe reichlich herausrücken. Die Markstrahlzellen sind mit einem braunen Inhalt gefüllt und durchweg mit nur einfachen Tüpfeln versehen, was den Schluß zuläßt, daß wir es hier mit einem Koniferenholz zu tun haben, das der Tanne angehört. Diese Vermutung wird bestätigt durch den Befund am tangentialen Schnitt. Dünne tangentiale Schnitte anzufertigen gelingt jedoch bei diesem etwas humifizierten Holz nur mit Schwierigkeit, denn meist zerfällt der Schnitt schon im Momente seiner Entstehung in die einzelnen Zellen, insbesondere fallen die Markstrahlzellen leicht aus den Schnitten heraus. Diese Beobachtung konnte ich übrigens auch an mehreren anderen Mumientäfelchen machen, die größere Mehrzahl war allerdings vollkommen intakt. Bei manchen konnte durch Zupfen mit der Nadel oder selbst nur durch leichtes drehendes Drücken am Deckglase eine tadellose Mazeration herbeigeführt werden, wie man sie bei frischem Holz selbst mit Chromsäure in so vollendet schöner Weise nicht erhält. Bei diesem Holz gelangen also nur ganz wenige dünne Schnitte. An diesen konnte ich in keinem Falle einen mehrreihigen Markstrahl finden. Zur genaueren Kontrolle fertigte ich jedoch auch dickere Schnitte an, bei welchen die Markstrahlzellen nicht herausfielen. Wie bereits oben erwähnt, sind die Markstrahlzellen mit einer braunen amorphen Masse gefüllt, aber auch die Wände sind bedeutend stärker braun gefärbt wie die der Tracheiden. Ganz besonders schwierig gestaltet sich die Anfertigung eines Querschnittes bei diesem Holz. Nur dickere Schnitte gestatteten einen Einblick in die

Strahlen des Holzes und zeigten, daß ein Jahresring aus 75 konzentrischen Zellreihen zusammengesetzt ist. Die dünnwandigen Frühholzzellen gehen ziemlich unvermittelt in dickwandige Herbsttracheiden über und diese sind wieder alle annähernd gleich stark verdickt.

Ausstellungsnummer 38.

Holztafel mit trapezförmigen Ansätzen rechts und links. Breite der Tafel 27·5 *cm*, kürzere Höhe 11·2 *cm*. Breite eines Ansatzes 27·5 *cm*, kürzere Parallele des Trapezes 7·5 *cm*, längere aber äußere 8·5 *cm*; in dem Ansatze genau in der Mitte desselben je ein glattes Bohrloch. Die Tafel ist in der Mitte völlig entzweigesprungen, die beiden Stücke ergänzen sich aber vollständig. Die Tafel ist einseitig mit griechischen Buchstaben beschrieben und bereits entziffert und ediert [1]).

Die Bearbeitung dieser Mumientafel ist eine ganz vorzügliche. Das Aussägen der Ecken zur Herstellung der trapezförmigen Ansätze erfolgte erst, nachdem sich der Bearbeiter alles mit Strichen, die noch jetzt deutlich erhalten sind, vorliniert hatte. Die vordere, beschriebene Seite ist mit einem guten Hobel sehr gut geglättet und sogar die scharfen Kanten oben und unten, rechts und links, sind abgeschrägt. Die Rückseite zeigt die Spuren der Säge. Der rechte obere Teil des trapezförmigen Ansatzes ist später abgebrochen, da die Tafel nur knapp 1 *cm* dick ist. Genau die gleiche Sorgfalt wie auf die Bearbeitung wurde auch auf die Schrift verwendet. Nach einer mündlichen Mitteilung des Herrn Professors Wessely ist die Schrift als prachtvoll zu bezeichnen. Zum Beschreiben verwendete man Rußtinte.

Auch dieses Holz gehört einer Konifere, und zwar auffallenderweise einer Fichte an. Die Markstrahlen bestehen in ihrem mittleren Teile aus parenchymatischen Zellen, an ihren Kanten aus Tracheiden mit typischen Hoftüpfeln, während die Parenchymzellen einfache Tüpfel aufweisen. Am tangentialen Schnitt finden sich nur sehr vereinzelt mehrreihige Markstrahlen.

Ausstellungsnummer 39.

Große, bereits edierte und entzifferte [2]) Holztafel, 13·2 *cm* breit, 14 *cm* hoch, oben mit trapezförmigem Ansatz, dessen Höhe 1·8 *cm*, dessen kleinere gegen das Täfelchen gerichtete Parallele 9·3 *cm* und dessen größere, die Tafel nach außen abschließende Parallele 10·5 *cm*

[1]) Wessely C., loc. cit. pag. 16.
[2]) Wessely C., loc. cit. pag. 19.

beträgt. In der Mitte dieses trapezförmigen Ansatzes befindet sich ein etwas konisch nach abwärts gerichtetes Bohrloch. Dicke der Holztafel 1·7 *cm*. Am oberen und unteren Rande ist die Tafel ungeglättet, wohl aber an den beiden seitlichen Flächen, insbesondere die rechte, die auch sehr gut erhalten ist, während die übrigen teilweise vermorscht sind.

Über die Art der Bearbeitung ist hier leicht ein Urteil abzugeben, weil man die Spuren der Instrumente noch sehr deutlich wahrnimmt. Der trapezförmige Ansatz wurde durch Aussägen der Ecken der Holztafel hergestellt.

An der rechten Seite ist das unzweifelhaft festgestellt, da man die Spuren der Säge, die etwas zu tief hineinfuhr, noch deutlich sieht. Die beschriebene Fläche des Täfelchens ist nur ganz primitiv geglättet und die Schrift in etwas eckigen Buchstaben mit Hilfe eines schneidenden Instruments (Messers) eingeritzt. Die Rückseite der Tafel ist gar nicht geglättet und zeigt noch deutlich die Spuren einer sehr groben Säge als nahezu parallele mehr minder tiefe Einrisse über die ganze Fläche.

Die Erhaltung des Holzes ist eine ausgezeichnete, so daß es mir gelang, es unzweifelhaft festzustellen, daß das vorliegende Täfelchen aus Tannenholz verfertigt ist. Es konnten alle für die Tanne typischen Merkmale mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Ausstellungsnummer **40.**

2 *cm* dicke, fast quadratische Holztafel (10·8 × 8·6 *cm*) ohne Ansätze, in der Mitte des linken Randes ein Bohrloch, das jedenfalls schon vor der Beschreibung angebracht worden war, weil die Schrift vor demselben zurücktritt. Die obere Längsseite dürfte der Peripherie des Stammes entsprechen, denn man erkennt in der rechten Ecke Spuren der Fraßgänge eines Splintkäfers. Die rechte Querschnittseite zeigt einige Einschnitte mit einem sehr scharfen Messer, die wahrscheinlich viel später als die Beschreibung angebracht wurden. In den Vertiefungen der Jahresringe sieht man Spuren einer weißen Masse, die sich unter dem Mikroskop als fein kristallinisch erweist und jedenfalls anorganischen Ursprungs ist. Es ist vermutlich jene Masse, die der Hauptsache nach aus Gips besteht und im alten Ägypten zur Herstellung der sogenannten Mumienkartonagen diente. Die mit Schriftzeichen bedeckte Seite ist etwas geglättet, während die Rückseite, welche nur ein Zeichen trägt, dessen Bedeutung man bisher noch nicht kennt, die Säge-

spuren deutlich aufweist. Es ist dies ein Kreis mit einem eingezeichneten Durchmesser. Das Instrument, mit dessen Hilfe das Absägen erfolgte, dürfte nur sehr primitiver Art gewesen sein[1]) und nur langsam zum Ziele geführt haben, da sich der Bearbeiter des Brettchens nicht die Mühe nahm, mit Hilfe dieser schlechten Säge das Holzstück ganz durchzusägen, sondern es, nachdem drei Viertel durchgesägt waren, einfach abspaltete. An dieser Spaltfläche erkennt man, daß das Brettchen annähernd radial aus dem Stamme herausgeschnitten wurde.

Schon makroskopisch fallen die sehr engen Jahresringe des Holzes auf, zumal da das Holz ausgezeichnet erhalten ist. Mikroskopisch erkennt man am radialen Schnitt, daß die Quertracheiden an den Kanten der Markstrahlen liegen; ihre Wände sind manchmal schwach gezähnelt. Am tangentialen Schnitt finden sich neben einreihigen auch mehrreihige Markstrahlen vor. Nach all dem halte ich das Holz für das der Fichte.

Vorl. Nummer 2.

Mumienetikette in der Größe 13·7 × 3·5 *cm*; 0·6 *cm* dick und von rechteckiger Form. Jener Teil, in dem sich das schlecht gebohrte Loch befindet, ist zugespitzt, indem beide Ecken gleichmäßig abgeschnitten wurden. Die Bearbeitung ist eine außerordentlich primitive und scheinbar nur mit einem Messer zurechtgeschnitten. Um die Beschreibflächen zur Aufnahme der Schriftzüge bevor herzurichten, wurden sie mit einer jetzt lichtbraunen Farbe bestrichen, die sich leicht abblättern läßt und zum größten Teile noch gut erhalten ist. Sie enthält harzige Bestandteile, die sich in Alkohol lösen. Durch diesen Farb- oder sagen wir richtiger Farblackanstrich ist die Schrift sehr deutlich und noch jetzt ganz ausgezeichnet erhalten. Das Täfelchen ist einerseits mit demotischen, anderseits mit griechischen Schriftzeichen beschrieben. Das Täfelchen ist außerordentlich leicht[2]).

[1]) Es dürfte etwa der Form entsprochen haben, wie sie in Egypt. exploration fund, graeco-roman branch. Fayûm towns and their papyri by Grenfell, Hunt and Hogarth, London 1900, auf plate XV, Fig. 15 abgebildet ist. Es ist dies eine Säge, die ebenso wie die Täfelchen in Fayûm aufgefunden wurde; sie wurde in der Nähe der Ortschaft Kasr el Banât and Harît gefunden, welche Orte (nach Wessely (Topographie des Fayûm [*arsinoites nomus*] in griechischer Zeit. Denkschrift. der Wiener kaiserl. Akad. d. Wissensch, phil.-hist. Klasse, Bd. L, pag. 11) dem antiken Euhemeria und Theadelphia entsprechen.

Mikroskopische Charakteristik. Sehr einfach gebautes Koniferenholz. Markstrahlzellen mit zahlreichen einfachen Tüpfeln, meist inhaltslos, nur sehr selten mit gelblichem Inhalt. Markstrahlen durchweg einschichtig, nur aus Parenchymzellen bestehend. Jahresringe 2 *mm* breit. Tannenholz.

Vorl. Nummer 3.

Kleines Mumientäfelchen von dunkelbrauner Farbe in der Größe 12·2 × 4·8 × 0·6. Form rechteckig, jedoch die Ecken an der durchlochten Seite 3 *cm* tief, an der Längsseite nur 1·5 *cm*, an der Querseite abgeschnitten, so daß eine stumpfe Spitze entsteht. Die Bohrung ist glatt, die Bearbeitung der Täfelchen jedoch eine sehr primitive, auch die beiden anderen Ecken abgerundet, ebenso auch die Längskanten. Die auf einer Seite mit griechischen, auf der anderen mit demotischen Schriftzeichen bedeckten Flächen sind zwar ziemlich glatt, aber uneben, wohl nur mit einem Messer zurechtgeschnitten. Auffallend sind die ganz außerordentlich engen Jahresringe, ich konnte auf dem verhältnismäßig schmalen Täfelchen über 40 zählen.

Auch dieses Holz stammt von einer *Pinus*-Art ab, die dadurch charakterisiert ist, daß die Radialwände der Quertracheiden nach innen mit zackenförmigen Vorsprungsbildungen versehen sind. An den Markstrahlparenchymzellen findet sich ein großer rhombischer, fast das ganze Kreuzungsfeld einnehmender Tüpfel.

Vorl. Nummer 35.

Mumientäfelchen in den Dimensionen 12·3 × 5·2 × 0·6 *cm*; rechteckig an einem Ende, in der Mitte ein glatt gebohrtes Loch und die beiden gegenüberliegenden Ecken nur um 3 *mm* abgeschnitten. Beide Seiten schön geglättet und die Längskanten so abgenommen, daß eine zylindrische Fläche entsteht. Auf einer Seite griechisch, auf der anderen demotisch beschrieben. Spätholz braunrot gefärbt.

Mikroskopische Charakteristik. Ebenfalls eine Konifere. Die Markstrahlen ein- und mehrschichtig, oben und unten begrenzt von Markstrahltracheiden mit grobzackiger Wandverdickung, Parenchymzellen mit großen, am radialen Schnitte rhomboiden einfachen Poren. Jahresringe zirka 2 *mm* breit. *Pinus*-Holz.

Vorl. Nummer 20.

Dünnes (zirka $^1/_2$ *cm* dickes) Holztäfelchen von ellipsoidischer Gestalt. Größte Länge 17, größte Breite $4^1/_2$ *cm*. Von allen Seiten

nur grob zugeschnitten; auch die Beschreibflächen wurden dadurch geglättet, daß mit einem scharfen Messer möglichst gleichmäßig die Oberfläche zugeschnitten wurde. Auf einer Seite mit demotischen Schriftzeichen etwa aus dem zweiten Jahrhundert n. Chr. bedeckt. Auf dem einen Ende ein in sehr primitiver Weise durch seitliches Ausschneiden von Splittern hergestelltes Loch. Daß es wirklich auf diese Art und Weise fabriziert wurde, ersieht man recht deutlich an der von Schriftzeichen unbedeckten Seite, die zur Zeit der Verwendung der Täfelchen nicht sichtbar war, weil es gegen die Mumie gewendet war. Auf dem anderen Ende des Täfelchens befindet sich ein glatt gebohrtes Loch zur Aufnahme des Stoffstreifens, mit dem es an die Mumie festgebunden wurde.

Aus der Mitte des unteren Randes entnahm ich an der schriftlosen Seite einen Splitter zur mikroskopischen Untersuchung. Gut gewachsenes Holz einer Konifere. Da die Radialwände der Quertracheiden Zackenzellen sind und die Markstrahlparenchymzellen nur je einen großen rhombischen Tüpfel besitzen, gehört das Holz dieses Täfelchens einer *Pinus*-Art an.

Vorl. Nummer **21**.

Rechteckiges Täfelchen 15·8 × 4·1 *cm* groß, 1·3 *cm* dick. An dem einen Ende, an dem sich auch die glatte Bohrung befindet, wurde rechts und links je ein dreieckiges Stück herausgesägt, so daß ein trapezförmiger Zapfen übrig blieb, dessen Höhe ungefähr 3·5 *cm* beträgt. Diese Fortsätze, die manchmal auf beiden Schmalseiten an den Täfelchen oder wie hier nur an einer Seite ausgearbeitet wurden, dienten jedenfalls dazu, um das Täfelchen leichter an die Mumie zu befestigen, denn mit Hilfe der Bohrlöcher gelang dies nur unvollkommen. Statt des Bindfadens bedienten sich die Ägypter schmaler gewebter Bänder, welche uns glücklicherweise noch an einigen Täfelchen erhalten geblieben sind, so daß eine materielle Untersuchung möglich sein wird. Da sich auch in der Sammlung der Papyrus Erzherzog Rainer ein solches Täfelchen mit Bindfaden vorfindet, werde ich an anderer Stelle ausführlich darüber berichten.

Die Schrift auf dem Täfelchen ist auf einer Seite griechisch, auf der anderen demotisch; unter Berücksichtigung der Lesart der griechischen Schrift findet sich der Zapfen auf der linken Seite des Täfelchens. An der oberen Längsfläche finden sich Reste eines Anstriches, der leicht zum Abspringen gebracht werden kann. Da sonst

an dem Täfelchen keine Spur eines Anstriches zu entdecken ist, hat es den Anschein, als ob es ursprünglich einem anderen Zwecke gedient und erst dann als Mumientäfelchen Verwendung gefunden hätte. Es ist aber nicht unmöglich, daß das Täfelchen, als es seinem ersten unbekannten Zwecke diente, an allen Seiten mit einem Anstrich versehen war. In diese jetzige Form ist es zweifellos dadurch gebracht worden, daß es mit Hilfe eines Messers auf den Schreibflächen möglichst glatt geschnitten wurde. Die Schriftzeichen sind auf dem braunen Spätholz viel besser erhalten wie am viel breiteren Frühholz.

Einfach gebautes Holz einer Konifere vom Typus *Abies*.

Vorl. Nummer 23.

Größe des Mumientäfelchens 16·3×4·7 *cm*, Dicke 1 *cm*. Die beiden oberen Ecken wieder herausgesägt, so daß ein kleiner trapezoidischer, 2 *cm* langer Fortsatz übrig bleibt, in diesen wurde nun das Loch gebohrt. Die schmale Seite des Trapezes schließt an das Täfelchen an, an der Grenze von Fortsatz und Täfelchen befindet sich ein mit einem scharfen Messer geführter rinnenartiger Einschnitt. Die beiden seitlichen Längsflächen sind grob zugeschnitten, jedoch so, daß jede scharfe Kante vermieden wurde; an der rechten Seitenfläche Spuren von weißer Farbe. Auf der einen Seite griechisch, auf der anderen demotisch beschrieben.

Die mikroskopische Prüfung ist, da das Holz gut erhalten ist, leicht durchzuführen. Ich entnahm zu diesem Zwecke auf der linken Seite des Fortsatzes einen kleinen Splitter, weil gerade da das Holz mit der radialen Fläche freilag. Die Markstrahltracheiden haben grobzackige Wandverdickungen, die ziemlich dünnwandigen Parenchymzellen des Markstrahls große rhomboide Poren. Das Holz besteht aus gleichartigen hofgetüpfelten Tracheiden, die im Frühholz nur schwach, im Spätholz breit behöft sind. Am tangentialen Schnitt fallen jene Markstrahlzellen leicht heraus, welche die Harzgänge enthalten. Das Holz gehört einer *Pinus*-Art an.

Als ich an die Bearbeitung der Mumienetiketten schritt, trachtete ich mir Präparate von authentisch bestimmtem Material jener Holzarten zu verschaffen, welche in Ägypten nachgewiesenermaßen in Verwendung standen. Ich richtete mich dabei nach den bekannten Werken von Woenig[1]) und Loret[2]). Wie es sich nun

[1]) Woenig Fr., Die Pflanzen im alten Ägypten, Leipzig 1886.
[2]) Loret Viktor, La Flore Pharaonique, Paris 1892.

nachträglich herausstellte, waren die Mumienetiketten, die ich bisher zu untersuchen Gelegenheit hatte, durchweg aus Koniferenholz gearbeitet. Da in Ägypten keine Konifere vorkam, so unterliegt es keinem Zweifel, daß die Ägypter aus anderen Ländern Holz importierten.

Nach den paläographischen Befunden stammen die von mir auf ihre materielle Beschaffenheit untersuchten Täfelchen und Holzstücke aus der frührömischen Kaiserzeit, I., II., III. Jahrhundert v. Chr. Es ist selbstverständlich, daß in dieser Periode Ägypten als ein integrierender Bestandteil des großen Römerreiches mit den verschiedensten Teilen desselben im regen Verkehr stand, wissen wir ja doch aus den Polizeipapyrus, die uns noch aus Arsinoe und el Fayûm erhalten sind, daß in den amtlichen Listen Personen als ständig abwesend in Italien und Indien eingetragen waren [1]). Auch ist uns ein Papyrusbrief erhalten, in dem ein junger Rekrut aus Mittelägypten seine Reise nach Rom mit all ihren persönlichen Einzelheiten schildert [2]).

Zu den ältesten christlichen Monumenten gehört unter anderem ein griechischer Brief, der zwischen 265 und 281 von Rom nach dem Fayûm geschrieben wurde, und in dem eine Zusammenkunft in Alexandrien vereinbart wird [3]).

Es darf uns also auch nicht wundern, wenn Holz, das im Nillande ein sehr begehrter Artikel war, eventuell auch von weit her geholt und damit ein schwunghafter Handel getrieben wurde.

Von den zehn von mir bisher untersuchten Mumientäfelchen gehören vier der Gattung *Abies*, zwei der Gattung *Picea* und vier der Gattung *Pinus* an.

Die Tanne (*Abies*) dringt südwärts bis Korsika, Sizilien, Mazedonien, Bithynien vor und in den Alpen und Pyrenäen ist sie weit verbreitet [4]). Viel nördlicher liegt der Verbreitungsbezirk der Gattung *Picea*. Ihre (*Picea Omorica Pančić*) südlichsten Standorte sind wohl

---

[1]) Wessely C., »Arsinoitische Verwaltungsurkunden vom Jahre 72/73 n. Chr.«. (Studien zur Paläographie und Papyruskunde p. 58 ff.) Zeile 578 f. ἀνὲπ' (ἔτους) ἔξωι ὁρίων Αἰγύπτου ἐν Ἰταλίᾳ γ — ἐν Ἰνδικῇ α nicht zur Epikrisis (Nachweis der Abstammung) gelangt, weil außerhalb der Grenzen Ägyptens abwesend, u. zw. drei in Italien, 1 Person in Indien sich aufhaltend.

[2]) Berliner Urkunden 423.

[3]) Les plus anciens monuments du Christianisme écrits sur papyrus. Textes grecs édités, traduits et commentés par le Dr. Charles Wessely, »*Patrologia orientalis*«, Tome V., Fascicule 2, pag. 135

[4]) Beissner L, »Handbuch der Nadelholzkunde«, Berlin 1891.

die Berggegenden des südwestlichen Serbien, Bosnien, Montenegro und Westbulgarien. Von der Gattung *Pinus* kommen nur die Spezies *Laricio Poir.* und *silvestris* in Betracht, da die anatomischen Merkmale nach dem Bestimmungsschlüssel von Burgerstein[1]) nur für diese beiden in Europa und Asien vorkommenden Spezies stimmen. Die Spezies *Laricio* bildet in den Gebirgen Süd- und Nordeuropas und Westasiens große Wälder. Ihr südlichstes Vorkommen ist in Korsika zu suchen. Die Spezies *silvestris* findet sich in ganz Europa bis nach Kleinasien und dem Kaukasus.

Die Handelsbeziehungen der Ägypter müssen unter Berücksichtigung dieser Verbreitungsbezirke sehr weit nach Norden gereicht haben. Mögen sie Tannenholz von Sizilien, Föhrenholz etwa von Kleinasien oder Korsika bezogen haben, Fichtenholz trafen sie erst in Serbien und Montenegro an. Da man Fichtenholz auch zu Mumientäfelchen verwendete, so ist es höchst wahrscheinlich, daß es auch in Ägypten nicht gerade selten zum Verkaufe angeboten wurde, wenn auch viel seltener wie das leichter zu beschaffende Tannen- und Föhrenholz.

Durch die, wie ich glaube, höchst interessante Konstatierung, daß in Ägypten Fichten-, Tannen- und Föhrenholz zur Verwendung kam, sind der Papyruskunde neue Wege gewiesen.

---

[1]) Siehe pag. 111, Punkt 44 Vergl. hierzu auch Burgerstein A., »Der anatomische Bau der Markstrahlen bei der Gattung *Pinus*«. Verhandlungen der k. k. zool.-bot. Ges., Wien 1907, pag. 287 ff.

Die Verholzung der Spaltöffnungen bei Cycadeen

von

Rudolf Karzel (Wien).

Mit 7 Textfiguren.

Eingelangt am 24. Oktober 1907.

Als man durch die von Wiesner[1]) in die Mikrotechnik eingeführten Holzreaktionen (Phloroglucin + *HCl*, Anilinsulfat) in die Lage versetzt wurde, die Verbreitung der Lignifikation, welche eine sehr wesentliche und vielleicht sogar verschiedenartige Rolle im Pflanzenleben zu spielen scheint, zu studieren, hielt man lange die Stomata für ausnahmslos, die Epidermis wenigstens für nahezu regelmäßig unverholzt (Burgerstein[2]). Um so merkwürdiger mußten daher die Befunde an den Spaltöffnungen von Koniferen und Cycadeen erscheinen, bei welchen Kraus[3]), Lemaire[4]), Mahlert[5]) und andere eine teilweise Verholzung der Schließzellen feststellten. Geneigt, verholzte Membranen für besonders starr zu halten, glaubte man diesen Spaltöffnungen einen geringen Grad von Beweglichkeit zuschreiben zu sollen und brachte diese Vermutung in Zusammenhang mit der xerophytischen Ausbildung der Blätter jener Pflanzen. Diese Anschauung hat kürzlich auch Porsch in seinem Werke: »Der Spaltöffnungsapparat im Lichte der Phylogenie« (Jena 1905) zum Ausdrucke gebracht, indem er das Lignin

[1]) Wiesner, »Über das Verhalten des Phloroglucins etc.«, Sitzungsber. d. Wiener Akad., Bd. LXXVII, 1878. »Anat. und Histoch. über das Zuckerrohr«, in Karsten, botan. Untersuch., I, pag. 120.

[2]) Burgerstein, »Untersuchungen über das Vorkommen und die Entstehung des Holzstoffes in den Geweben der Pflanzen«, Sitzungsber. d. Wiener Akad. LXX, 1. Abt., 1874.

[3]) Kraus, »Über den Bau der Cycadeenfiedern«, Pringsh. Jahrb. IV, 1866.

[4]) Lemaire, »De la lignification de quelques membranes épidermiques«, Ann. de sc. nat. Bot. XV, 1883, pag. 297–302.

[5]) Mahlert, »Beitr. zur Kenntnis d. Anat. d. Laubbl. d. Konif. etc.«, Bot. Zentralbl. 1885, Bd. XXIV, pag. 54.

für eines der Mittel hält, um die Beweglichkeit der Schließzellen, und damit die Transpiration herabzusetzen. Dagegen lassen sich jedoch eine Reihe von nicht unwesentlichen Bedenken geltend machen. Zunächst ist nach Schellenbergs[1]) Untersuchungen ein durchgreifender Unterschied in den mechanischen Eigenschaften (z. B. Festigkeit, Dehnbarkeit) der verholzten und unverholzten Membran nicht vorhanden. Bei Xerophyten erstreckt sich ferner die Zunahme der Verholzung keineswegs auf die Schließzellen allein, es erscheinen vielmehr zahlreiche Zellen, bei denen eine Herabsetzung der Beweglichkeit nicht in Betracht kommen kann, gleichfalls verholzt. Bei *Cycas revoluta* z. B. gibt nahezu das ganze Mesophyll die Holzreaktion. Endlich wurde eine Anzahl Fälle von partiell verholzten Spaltöffnungen auch bei nicht xerophytischen Pflanzen bekannt, wie bei tropischen und einheimischen Lycopodiaceen und Farnen[2]), wobei allerdings bemerkt werden muß, daß vielleicht eine Untersuchung am Standorte einen geringen Grad von xerophytischer Anpassung erkennen lassen könnte. Es handelt sich demnach darum, erstens, ob die Verholzung der Stomata überhaupt eine xerophytische Anpassung ist, und zweitens, welche Bedeutung ihr in diesem Falle zukommt.

In der Erwartung, vielleicht wenigstens einen Anhaltspunkt zur Entscheidung der zweiten Frage zu gewinnen, schien es angezeigt, die Verteilung der Verholzung innerhalb des Spaltöffnungsapparats in einigen Fällen eingehender zu untersuchen. Die Cycadeen waren hierzu geeignet, weil schon eine flüchtige Beobachtung hier eine größere Mannigfaltigkeit als bei Koniferen erkennen ließ.

Es sei mir gestattet, an dieser Stelle Herrn Privatdozenten Dr. Karl Linsbauer für die freundlichen Ratschläge, durch die er die Arbeit förderte, bestens zu danken.

Das Material, das aus den Schönbrunner Gewächshäusern stammte, umfaßte folgende Arten: *Cycas revoluta*, *C. circinalis*, *Stangeria paradoxa*, *Zamia Roezli*, *Encephalartos villosus* und *Ceratozamia Kuesteriana*.

Zum Nachweise der chemischen Beschaffenheit der Membran wurden die allgemein üblichen Reagentien benützt. In einigen Fällen kam folgende Doppelfärbung in Anwendung: Die Schnitte wurden

[1]) Schellenberg, »Beitr. zur Kenntnis der verholzten Zellmembran«, Pringsh. Jahrb. XXIX. 1896, pag. 237—266.

[2]) Axel Vinge, »Bidrag till kännedomen om ormbrunk. bladbyggnad«, Lund 1889 (cit. nach Porsch, loc. cit. pag. 163 und pag. 181). Linsbauer Karl, »Beitr. zur vergl. Anat. einiger tropischer Lycopodien«, Sitzungsber. d. Wiener Akad., Bd. CVII, Abt. I, 1898. »Zur Verbreitung des Lignins bei Gefäßkryptogamen«, Österr. bot. Zeitschr. 1899, Nr. 9.

zunächst mit Eau de Javelle behandelt, dann gründlich gewässert, wobei dem letzten Waschwasser einige Tropfen Essigsäure zugesetzt wurden. Hierauf kamen die Schnitte für einige Zeit (manchmal auch für $^1/_2$ Stunde und darüber) in Kernschwarz, wurden sodann oberflächlich mit Wasser abgespült und in eine alkoholische Safraninlösung eingelegt. Nach zirka $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde wurden sie mit Alkohol ausgewaschen und durch die steigende Alkoholreihe bis zum Nelkenöl gebracht und in Kanadabalsam eingeschlossen. Die Kutikula blieb ungefärbt, die verholzten Membranen waren rot, die unverholzten schwarz tingiert.

Von allen untersuchten Arten weist *Cycas revoluta* die weitgehendste Anpassung an xerophytische Verhältnisse auf[1]) (siehe Fig. 1). Auf der Unterseite der Fiedern besteht die Epidermis aus dickwandigen Zellen, welche in den Verdickungsschichten die Holzreaktion geben. Die Stomata befinden sich am Grunde einer tiefen äußeren Atemhöhle, welche durch stark papillös ausgezogene Epidermiszellen gebildet wird. Die Schließzellen zeigen die bekannte Gestalt des Gymnopermentypus. Ihr Lumen ist am Querschnitt ziemlich schmal, die lange Achse der Querschnittfigur gegen den Porus zu ansteigend. Im folgenden sei stets die an die Epidermiszellen angrenzende Wand der Schließzellen als Außenwand, die andere, an den Porus grenzende Wand als Innenwand bezeichnet. Die Außenwand ist kolossal stark verdickt, bedeutend mehr als die Innenwand. Gegen den Porus zu sind die Schließzellen schnabelförmig vorgezogen, so daß sie an dieser Stelle einander am meisten genähert sind. Eine Hinterhofleiste wurde nirgends gefunden.

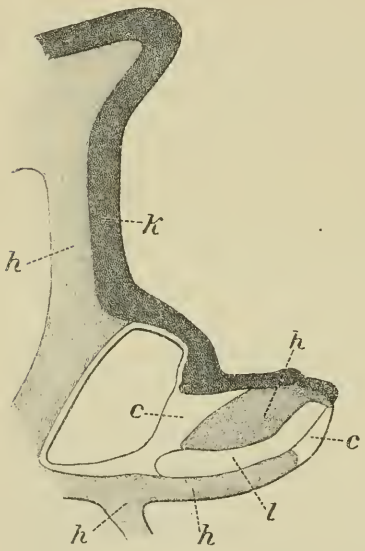


Fig. 1. *Cycas revoluta*. Querschnitt. *K* Kutikula u. kutin. Membran; *h* verholzte M.; *c* Celluloselamelle; *l* Lumen.

[1]) Es sei hier ausdrücklich hervorgehoben, daß nicht beabsichtigt wurde, eine eingehende Beschreibung der Stomata zu liefern; es werden vielmehr nur die für meine spezielle Untersuchung erforderlichen Tatsachen wiedergegeben, welche in den bereits oben zitierten und einigen anderen bei Porsch angeführten Arbeiten ihre Ergänzung finden.

In die Verdickungsschichten der Außenwand der Schließzellen ist eine Holzlamelle von linsenförmigem Querschnitt eingebettet, welche von dem Lumen der benachbarten Oberhautzelle durch eine dicke Zellulosemasse getrennt ist. Die Innenwand ist größtenteils verholzt, gegen den Schnabel zu gibt sie Zellulosereaktion.

Infolge der außerordentlichen Wandverdickung in den Schließzellen ist die Bewegung derselben, und damit auch die Veränderung der Weite des Porus, durch Volumveränderung des eigenen Lumens jedenfalls eine sehr geringe. Deswegen sieht zum Beispiel Copeland[1]) den einzigen Ort der Beweglichkeit in den Polen der Schließzellen, bei deren Bewegung dann die mittleren Partien der Zellen passiv mitgekrümmt werden. Der Schnitt durch den Pol (siehe Fig. 2) zeigt die beiden Lumina von der Gestalt rechtwinkliger Dreiecke, wobei die Hypotenuse die Außenwand bildet. Die gemeinschaftliche Wand ist ganz verholzt, die Außenwand nur teilweise. Es ist möglich, daß das erweiterte Lumen der Pole leichter eine Gestaltsänderung infolge Turgorwechsels gestattet. Dagegen dürfte den Nebenzellen infolge ihrer Gestalt und chemischen Beschaffenheit eine wichtige Rolle bei der Funktion des Spaltöffnungsapparats zufallen. Am Querschnitte sieht man zwischen die oben beschriebenen papillös ausgezogenen Epidermiszellen und die Schließzellen eine Zelle eingeschaltet, deren Außenwand im Vergleich zu den Wänden der Nachbarzellen außerordentlich dünn erscheint, so daß diese Stelle wohl die Bezeichnung »Hautgelenk« verdient. Interessant ist die auffallende Verdickung der Cuticula an dieser Wand, so daß die Zellulose ganz zurückgedrängt wird und nur eine dünne Schicht um das Zellumen bildet. Auch die an das Mesophyll grenzende Wand ist dünn und kann jedenfalls bei einer Turgorzunahme nachgeben. Die Gestalt dieser Nebenzellen läßt wohl die Vermutung zu, daß bei einer Dehnung derselben die Schließzellen mitgezogen werden,

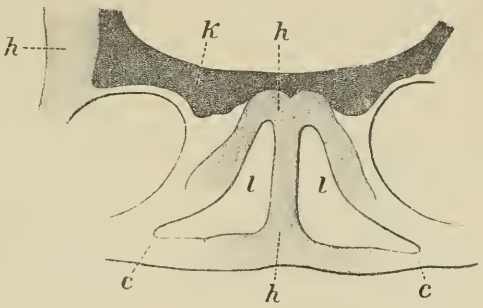


Fig. 2. *Cycas revoluta*. Polschnitt.

[1]) Copeland, »The mechanism of stomata«, Annals of Botany, Vol. XVI, No. LXII, 1902.

so daß der Porus weiter wird. Einen ähnlichen Typus repräsentiert der Spaltöffnungsapparat von *Encephalartos horridus*, der sich im wesentlichen nur dadurch unterscheidet, daß mehrere unverholzte Nebenzellen übereinander gelagert sind [1]).

An die Schilderung der Verhältnisse von *Cycas revoluta* möge die Beschreibung der Stomata von *C. circinalis, Zamia Roezli, Encephalartos villosus* und *Ceratozamia Kuestneriana* angeschlossen werden, welche eine weniger weitgehende xerophytische Anpassung zeigen (vgl. Fig. 3–6). Die Epidermiszellen sind auch bei diesen Formen verholzt. Die Stomata sind jedoch nur wenig vertieft. Die umliegenden Epidermiszellen bilden dort seichte Vertiefungen mit mehr oder minder steil abfallenden Wänden, so daß dadurch kaum ein Schutz gegen zu große Transpiration gegeben ist. Die Form der Schließzellen ist im wesentlichen dieselbe wie bei *Cycas revoluta*.

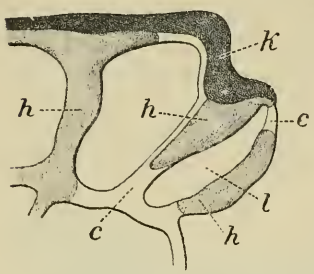


Fig. 3. *Cycas circinalis.*

Die Lignifikation erstreckt sich hier auf verhältnismäßig größere Partien als bei *C. revoluta*. Fast die ganze Außen- und Innenwand ist verholzt. Die Holzmasse der Außenwand ist nur durch eine dünne Zelluloselamelle von der benachbarten Epidermiszelle geschieden, auf der Innenseite geht die verholzte Partie gegen den Schnabel zu in Zellulose über. Gegen das Mesophyll zu ist das Lumen der Schließzelle mit unverholzten Wandteilen abgeschlossen.

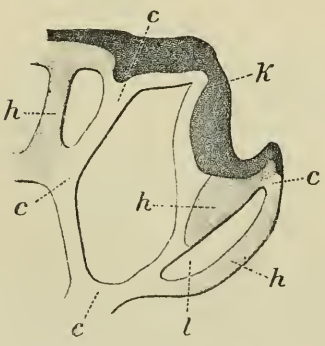


Fig. 4. *Zamia Roezli.*

Die Nebenzellen zeigen ähnliche Verhältnisse wie die bei *Cycas revoluta*. In der Regel eine, bei *Encephalartos villosus* (Fig. 5) zwei an die Schließzellen angrenzende Epidermiszellen haben wenigstens teilweise unverholzte und verhältnismäßig dünne Wände, so daß mehr oder weniger deutliche äußere und innere Hautgelenke entstehen. Die Funktion dieser Nebenzellen kann man sich ähnlich vorstellen wie bei *C. revoluta*.

[1]) Die Abbildung bei Mahlert (loc. cit. Taf. I, Fig. 23) ist nicht ganz richtig.

Einen eigentümlichen Verlauf zeigt auch bei diesen vier Arten die Cuticula, indem sie in dem Winkel, den die Schließzelle mit der Nebenzelle nach außen bildet, eine mächtige Verdickung erfährt. Besonders schön zeigt dies Fig. 4 und 6. In Fig. 4 sieht man, daß die dicke Cuticula den unverholzten Membranen entspricht, daß dagegen an den Holzwänden die Cuticula dünner ist.

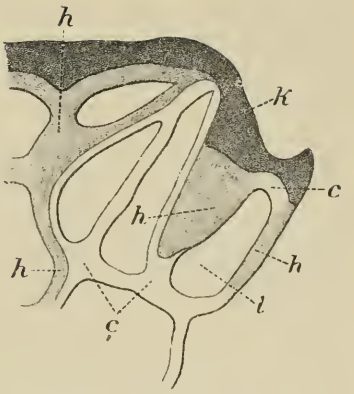


Fig. 5. *Encephalartos villosus.*

Der Spaltöffnungsapparat von *Stangeria paradoxa* bildet endlich einen eigenen Typus für sich (Fig. 7). Die Epidermiszellen sind unverholzt und die Stomata liegen mit ihnen in gleicher Höhe. Die Schließzellen haben die typische Gestalt, die Außenwand ist stark verdickt.

Die Verholzung der Außenwand betrifft nur eine kleine Partie derselben, der übrige Teil ist unverholzt. Die Innenwand ist vollständig verholzt.

Die Nebenzellen sind unverholzt, dünnwandig; sie spielen anscheinend eine ähnliche Rolle bei der Bewegung des Spaltöffnungsapparats, wie es für die anderen Formen beschrieben wurde.

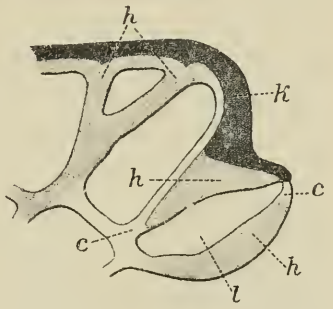


Fig. 6. *Ceratozamia Knestneriana.*

Die Cuticula verläuft ziemlich gleichmäßig über die Epidermis- und Schließzellen bis zum Porus.

Überblicken wir die Ergebnisse der anatomischen Untersuchung bezüglich der Verholzung des Spaltöffnungsapparats bei den untersuchten Cycadeen, so ergeben sich folgende allgemeine Befunde: Die Lignifikation betrifft Partien der Außen- und Innenwand in verschiedener Ausdehnung. Die an das Mesophyll angrenzenden Teile der Wände sind unverholzt. Ganz oder größtenteils unverholzt sind auch die Nebenzellen, deren es eine oder zwei oder mehrere gibt. Trotz der Mannigfaltigkeit im einzelnen sehen wir doch ganz all-

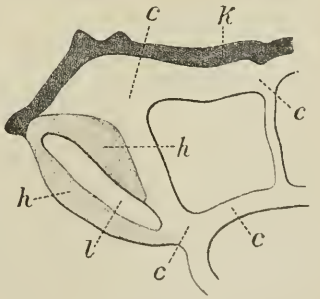


Fig. 7. *Stangeria paradoxa.*

gemein, daß nur die Verdickungsmassen eine Einlagerung von Lignin zeigen, die dünnen Wandpartien hingegen unverholzt bleiben. Dasselbe gilt aber auch für die Koniferen und Pteridophyten, soweit verholzte Stomata beobachtet wurden. An eine Herabsetzung der Beweglichkeit könnte nur gedacht werden, wenn gerade die dünnwandigen, für die Bewegung maßgebenden Wände verholzt wären und wenn die Verholzung eine Beschränkung der Biegungsfähigkeit zur Folge hätte. Gerade der Umstand, daß die dünnwandigen Nebenzellenapparate oder die dünnwandigen Anteile der Schließzellen unverholzt bleiben, spricht dafür, daß die Beweglichkeit erhalten ist. Dazu kommt, daß die stark verdickten Membranpartien schon an sich als verhältnismäßig starr angesehen werden müssen, ganz ohne Rücksicht auf das eingelagerte Lignin, und die verholzte Membran überdies nach den experimentellen Untersuchungen Schellenbergs bezüglich Festigkeit und Dehnbarkeit der Zellulose nicht nachsteht. Wenn man aber eine andere Angabe dieses Autors berücksichtigt[1]), daß nämlich unverholzte Membranen leicht austrocknen und leicht Wasser aufnehmen, daß dagegen verholzte Membranen für Wasser nicht sehr durchlässig sind, also Wasser stark festhalten, so läßt sich die Verholzung gerade derjenigen Wandteile der Schließzellen, welche mit der Luft in Berührung sind (Außen- und Innenwand), ungezwungen verstehen. Indem das Wasser in den verholzten Membranen festgehalten wird, wird die Transpiration herabgesetzt, wodurch der Turgor der Schließzellen erhalten bleibt. So erklärt sich auch, daß die Cuticula an diesen Stellen schwach, an den unverholzten Teilen kräftig entwickelt ist. Von diesem Standpunkt aus kann man auch die Verholzung als Anpassung an xerophytische Lebensweise deuten[2]).

[1]) Schellenberg, loc. cit. pag. 247.

[2]) Bekanntlich nimmt die Verholzung bei Xerophyten zu, vgl. zum Beispiel Warming, Ökologische Pflanzengeographie (Berlin 1896, pag. 207 f.).

Die Ernährungsphysiologie der Pflanzen in ihren Beziehungen zur Volkswirtschaft

von

Siegfried Strakosch (Wien-Hohenau).

Eingelangt am 24. Oktober 1907.

»Das Wechselverhältnis der verschiedenen Forschungsgebiete bringt es mit sich, daß die Wissenschaften sich nicht, wie es die Klassifikatoren wollten, von einander scheiden, sondern im lebendigen Flusse ihre Grenzen ändern und vielfach miteinander verschmelzen zu größeren Einheiten. Immer mehr wird das Endziel klar, das allerdings wohl niemals vollständig erreicht werden wird, daß alles menschliche Wissen, vor allem alle Naturkenntnis, zu einer großen Einheit sich verbindet.«

(Wiesner, »Die Entwicklung der Pflanzenphysiologie unter dem Einflusse anderer Wissenschaften«.)

Immer zahlreicher und stärker werden die Fäden, welche die Pflanzenphysiologie mit den übrigen Wissensgebieten verbinden. Ein Wissenszweig nach dem andern bringt dieser Disziplin, in steter Weiterentwicklung längst erkannter Beziehungen, befruchtende Anregung und wird selbst durch sie neu belebt und gefördert. Das gilt sowohl für theoretische als für praktische Disziplinen, gilt ebenso für Chemie, Physik, Medizin, als für Geographie, Klimatologie, Pharmakognosie und andere. Neue angewandte Wissenszweige, wie die technische Rohstofflehre, die verjüngte Landwirtschaftslehre, nähern Physiologie und Technik, Wissenschaft und Praxis.

Aber jede Regung menschlichen Geistes kann erst wirksam werden, wenn sie sich verkörpert. Sind schon die Geisteswissenschaften an die Beherrschung des Stofflichen gebunden, so setzen die technischen und praktischen Disziplinen noch in weit höherem Maße die Kenntnis sachlicher Güter, deren Gebrauch und Verbrauch voraus.

Der Fortschritt aller Kultur und aller Wissenschaft war deshalb von altersher mit den Vorgängen und Einrichtungen eng ver-

knüpft, die wir unter dem Begriffe »Wirtschaft« zusammenfassen und die der Fürsorge für den Bedarf an materiellen Gütern gewidmet sind. In dem Maße als die Pflanzenphysiologie zu den übrigen geistigen und mehr noch zu den angewandten Wissenschaften in Wechselbeziehung tritt, mehren sich die Berührungsflächen mit der wirtschaftlichen Seite des Daseins, wächst der Anteil der Pflanzenphysiologie an den Erscheinungen des gesamten Wirtschaftslebens.

In vorliegender Schrift soll jedoch nicht von diesen allgemeinen Beziehungen die Rede sein. Sie gilt vielmehr einer bestimmten, tief in das Wirtschaftsleben der Nationen eingreifenden Erscheinung, deren Erkenntnis erst durch den Ausbau der physiologischen Ernährungslehre die notwendige Voraussetzung fand.

Wir wissen heute, daß die physiologischen Aufgaben und Ziele, denen die Nährstoffe der Pflanzen dienen, bei den verschiedenen Pflanzenarten nicht auf dieselbe Weise erreicht werden. Auf mannigfachen Wegen und in wechselnder Abstufung wird die erforderliche Nahrung aufgenommen, schreitet die Bildung der Pflanzensubstanz vorwärts. Die nötige Betriebsenergie kann durch aufbauende und abbauende chemische Prozesse geliefert, derselbe Körper in ganz verschiedener Weise verwertet und verarbeitet werden. Die Ungleichheit beginnt bei den grünen Pflanzen sofort mit der Herbeischaffung der organischen Nahrung vermittels der photosynthetischen Produktion im Chlorophyllapparat. Die für die Ernährung und die Entwicklung jeder Pflanze so wichtige Assimilationsenergie differiert ungemein.

Weber[1]) fand beispielsweise unter gleichen Bedingungen für *Phaseolus multiflorus* eine Assimilationsenergie von 3·413 *g* in 10 Stunden, für *Helianthus annuus* eine solche von 5·559 *g*. Die resultierenden Mengen an gebildeter organischer Substanz weichen jedoch noch weit mehr voneinander ab, weil die verschiedene Blattflächenentwicklung, der ungleiche Substanzverlust durch Atmung als Folge ungleichen Energieaufwandes, sich der ungleichen Assimilationsenergie zugesellen. Eine Pflanze von *Phaseolus* hatte nach 48 Tagen 5·836 *g* Trockensubstanz gewonnen, eine Pflanze von *Helianthus* 29·806 *g*.

Die Ungleichheit kommt weiter in den quantitativen und qualitativen Ansprüchen der Pflanzen an die Mineralbestandteile des

[1]) Weber, »Arbeit d. bot. Instituts in Würzburg«, 1879, Bd. II, pag. 350.

Bodens zum Ausdrucke und weit mehr noch in bezug auf die Stickstoffversorgung. Bei dieser ist bekanntlich nicht nur der Bedarf spezifisch verschieden, sondern auch die Nahrungsquelle selber.

Während die meisten Nutzpflanzen geeignete Stickstoffverbindungen zu ihrer Existenz benötigen, vermögen andere, wie die Leguminosen, in symbiotischem Zusammenwirken mit Knöllchenbakterien den molekularen Stickstoff zu assimilieren. Und auch hier zeigen sich wieder gewaltige graduelle Unterschiede. Es fehlt wohl an exakten Versuchen, die das zahlenmäßig nachweisen, aber praktische Feldversuche Maerkers[1]) mit Gründüngungspflanzen ergaben diese bemerkenswerten Resultate: es wurde pro Hektar an freiem Stickstoff gebunden:

Durch eine Mischung von	Lupinen, Erbsen, Lathyrus . .	48·02 *kg*
„ „ „	„ Lupinen, Erbsen, Wicken . .	81·50 „
„ „ „	„ Pferdebohnen, Erbsen, Lupinen	76·40 „
„ „ „	„ Pferdebohnen, Wicken, Lupinen	127·50 „

Aus so viel Ungleichheit in den Ansprüchen an die Nahrung, in deren Beschaffung und Einführung, in dem Komplexe der übrigen Stoffwechselvorgänge, resultiert schließlich eine nicht geringere Ungleichheit in der chemischen Zusammensetzung der pflanzlichen Endprodukte.

Die Physiologie hat mit der Erforschung der Pflanzenernährung der Volkswirtschaft keinen kleinen Dienst geleistet, denn der weitaus größte Teil der sachlichen Güter entstammt den Rohstoffen des Pflanzenreiches und selbst die Nahrungsmittel und die industriell verwerteten Erzeugnisse, die das Tierreich liefert, lassen sich indirekt auf dieselbe Quelle zurückführen. Für sie alle gilt das wirtschaftliche Grundprinzip, daß die ökonomische Bedeutung der Produktion sich aus der Gegenüberstellung von Aufwand und Leistung ergibt. Indem die Physiologie die Ernährungsverhältnisse der Pflanzen aufklärt, setzt sie die Volkswirtschaft erst in die Lage, den assimilatorischen Effekt der verschiedenen Kulturpflanzen zu berechnen und zu vergleichen. Und dieser wirtschaftliche assimilatorische Effekt ist bei den Kulturpflanzen um so verschiedener, als auch der wirtschaftliche Wert der ungleich beanspruchten und verwerteten Nährstoffe stark differiert.

Die Kulturpflanzen benötigen alle neben Kohlenstoff, Wasser-

[1]) Maerker, »Die Versuchswirtschaft Lauchstädt«, II. und III. Bericht, 1899, pag. 415.

stoff, Sauerstoff, Stickstoff, auch Kalium, Magnesium, Phosphorsäure, Schwefel, Eisen und Kalzium. Die ersten drei Elemente sind in unbegrenzter Menge vorhanden, so daß ihnen ein wirtschaftlicher Wert nicht zukommt. Die Beschränktheit der anderen macht es erforderlich, daß man zum mindesten die dem Boden wieder ersetzt, welche ihm durch die Pflanzen in größeren Mengen entzogen werden. Das sind vor allem Stickstoff, Kalium, Kalzium und Phosphorsäure. Nach den durchschnittlichen Marktpreisen wertet der Stickstoff beiläufig $4^1/_2$ mal so hoch wie das Kalium und $1^1/_2$ mal so hoch wie die Phosphorsäure, während das Kalzium einen sehr geringen Marktwert besitzt. Das Verhältnis, in dem die notwendigen Nährstoffe im Haushalte der Pflanzen verwendet werden, beeinflußt die wirtschaftliche Bedeutung dieser demnach ungemein. Meine Berechnungen haben beispielsweise ergeben [1]), daß der Mais mit einem wirtschaftlich gleichwerten Aufwande an Bodennährstoffen mehr als doppelt so viel physiologisch nutzbare Substanz liefert als der Hafer, daß die Erbse, die ihren Stickstoffbedarf zufolge der Symbiose mit den Knöllchenbakterien kostenlos ohne Inanspruchnahme des Bodenstickstoffes deckt, sechsmal so viel physisch nutzbare Substanz erzeugt als dieser. Dem Rotklee kommt derselbe Umstand zustatten, er verwertet die Bodennährstoffe im wirtschaftlichen Sinne fünfmal so gut als das Thimoteegras, wird aber in der Ökonomie des Bodenkapitals durch die Esparsette noch um ein Drittel übertroffen.

Obwohl die physiologischen Grundlagen zur Klassifizierung der Pflanzenarbeit längst vorhanden waren, wurde erst unlängst auf die volkswirtschaftliche Bedeutung einer solchen aufmerksam gemacht. Die bewußte Ausnützung der spezifischen Ungleichheit der Pflanzenansprüche in der angedeuteten Richtung hat man bisher niemals versucht. Aber die Lehren der Geschichte zeigen, daß durch Zufall oder Verhältnisse bedingte Bevorzugung wirtschaftlich arbeitsfähiger Pflanzen in einem Lande dessen dauernde Entwicklungsfähigkeit fördert, während der entgegengesetzte Fall, namentlich bei ungenügender Düngung, zur Abnahme der Frucht-

[1]) Strakosch, »Das Problem der ungleichen Arbeitsleistung unserer Kulturpflanzen«, Berlin 1907, Parey. — »Der assimilatorische Effekt verschiedener Kulturgewächse in seiner Bedeutung für Land- und Volkswirtschaft«. Vortrag, gehalten in der Eröffnungssitzung des VIII. Internationalen landwirtschaftlichen Kongresses, Wien 1907, ferner: Referat über dasselbe Thema erstattet auf dem gleichen Kongresse.

barkeit und zur Verarmung des Volkes führt. Roms unökonomischer Pflanzenbau trug viel zum Sturze des Weltreiches bei, dessen Herrschaft schließlich in den Zeiten des Niederganges dem zufiel, der über die Nahrungsquellen gebot[1]). Die Verarmung des irischen Volkes zufolge übertriebener Forcierung der, nach meinen Berechnungen nicht sehr ökonomisch assimilierenden Kartoffel, ist ebenso ein Beweis dafür, als die merkwürdige Lebenskraft Japans, dem ausgedehnter Leguminosenbau die Möglichkeit gibt, erstaunliche Dichten der Bevölkerung zu ernähren[2]).

Es wäre freilich eine Utopie, die gewonnene Erkenntnis so ohne weiteres auf das Wirtschaftsleben übertragen und mit dem Rechenstifte die Anbauverhältnisse eines Landes nach dem assimilatorischen Effekt seiner Kulturpflanzen regeln zu wollen. Die Wachstumsbedingungen der Gewächse lassen sich nicht in eine mathematische Formel zwängen und die übrigen Erwägungen, die für und gegen die Bevorzugung mancher Pflanzenarten sprechen, auch nicht. Daraus, daß gewisse Pflanzen 8 mal so viel physiologisch nutzbare Substanz bei gleichem wirtschaftlichen Aufwande an Bodennährstoffen wie andere hervorbringen, ist nicht zu folgern, daß man durch entsprechende Wahl solcher Pflanzen die Bodenproduktion einfach auf die 8 fache Menge bringen könne. Das neu gewonnene Merkmal pflanzlicher Anbauwürdigkeit ist vielmehr an ein Kompromiß mit manchen anderen Faktoren gebunden. Klima und Lage, die chemische und physikalische Beschaffenheit des Bodens, die Kapitals- und Arbeiterverhältnisse, die gesamten wirtschaftlichen Bedingungen haben ein gewichtiges Wort mitzureden.

Der Eintritt der Assimilationsbewertung in das Wirtschaftsleben ist so von allen Seiten eingeengt und behindert. Man will sie vorerst bei den Futterpflanzen berücksichtigen, wie es in der Absicht der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft liegt und bei der vergleichenden Sortenkunde anwenden, wie es Liebenberg an der Hochschule für Bodenkultur in Wien in Anregung brachte.

Damit erschöpft sich aber die volkswirtschaftliche Bedeutung der ungleichen wirtschaftlichen Kapazität des assimilatorischen Effekts noch lange nicht. Ein Beispiel soll das veranschaulichen:

---

[1]) So gewann Vespasian die Herrschaft über Italien durch die Eroberung der ägyptischen Kornflotte (Mommsen, »Römische Geschichte« V, pag. 572).

[2]) In den Gegenden um Tokio, in den Provinzen Bungo, Acki u. a. kommt auf jede ländliche Familie nicht einmal ein Drittel eines Hektars. Ota-Nilobe, »Über den japanischen Grundbesitz«, Berlin 1890, Parey, pag. 68.

Deutschland, Österreich und Ungarn weisen in den Anbauverhältnissen ihrer Hauptfrüchte keine besonders ausgeprägten Unterschiede auf. Deutschland baut relativ mehr Roggen, Hafer und Kartoffel als Ungarn, dafür weniger Weizen und keinen Mais. Gegen Österreich variieren die deutschen Anbauverhältnisse noch weniger. Österreich baut relativ mehr Gerste, Weizen und Zuckerrübe, aber weniger Roggen. Deutschland gewinnt nach meinen Berechnungen [1]) den wirtschaftlichen Wert der Nährstoffe, die seinen Böden durch die Ernte der erwähnten Früchte alljährlich entzogen werden, im physiologischen Nutzwerte dieser Ernte 4·2mal zurück, Österreich 4·45mal und Ungarn 4·53mal. Der Unterschied in der Verwertung erscheint nicht groß, ergibt aber doch einen namhaften Wertausfall. Die 17.807 *ha*, welche in Deutschland mit Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Kartoffel, Zuckerrübe bebaut sind, würden bei einer Gruppierung, wie sie die ungarischen Anbauverhältnisse aufzuweisen haben, also bei einem assimilatorischen Effekt in wirtschaftlichem Sinne von 4·53 — mit dem gleichen Aufwande an Bodennährstoffen — für rund 500 Millionen Mark mehr physiologische nutzbare Substanz produzieren.

Der Unterschied in der Verwertung der Bodensubstanz wird übrigens dadurch zugunsten Deutschlands verkleinert, daß dieses mehr Leguminosen baut als Ungarn und sein Defizit an Bodenstickstoff durch ausgedehnte Gründüngung verringert. Es ist auch zu bedenken, daß Klima, Boden und die übrigen Bedingungen in Ungarn und Deutschland verschieden sind. Aber die ungarischen Anbauverhältnisse stellen sicherlich für dieses Land vom Standpunkte des assimilatorischen Effekts auch nicht das Ideal dar, während Deutschland in seiner hochintensiven Landwirtschaft genügenden Rückhalt fände, um die Erkenntnis von der ungleichen wirtschaftlichen Arbeitsleistung der Pflanzen auszunützen.

Bevor indessen Forderungen nach dieser Richtung erhoben werden können, ist vor allem festzustellen, ob Privatwirtschaft oder Volkswirtschaft an dem Lebendigwerden des Gedankens mehr interessiert sind, und von welcher Seite sich dementsprechend die Initiative zu dessen Einführung in die Praxis erwarten läßt. Um auf diese Fragen eine Antwort zu erhalten, ist es nötig, vorerst aus der ungleichen wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit der Pflanzen einen anderen Begriff zu entwickeln: den Begriff der Bodenökonomie.

[1]) Die Berechnungsgrundlagen sind in »Das Problem der ungleichen Arbeitsleistung etc.« dargelegt.

Der dauernde Erfolg jedes menschlichen Wirkens, verfolge es rein geistige oder praktische Ziele, setzt die Beachtung des Ökonomieprinzips, das heißt die sparsamste Verwendung aller produktiven Kräfte, voraus. So trägt die wissenschaftliche Forschung dem Prinzip durch die Konzentration des Denkens, durch die weise Beschränkung des Arbeitsgebietes und durch die Arbeitsmethode Rechnung, die wirtschaftliche Produktion durch die sparsamste Verwendung der wirtschaftlichen Produktionsfaktoren. Überall tritt das Streben hervor mit dem geringsten Aufwande möglichst viel zu leisten.

Die Beschränktheit und die Unvermehrbarkeit des Bodens löst deshalb den Wunsch nach möglichst großer Produktion auf der Flächeneinheit, der wirtschaftliche Wert der Bodennährstoffe den Wunsch aus, daß diese mit dem geringsten Aufwande an Bodennährstoffen erfolge. Die Klassifizierung der Kulturpflanzen nach ihren wirtschaftlichen Ansprüchen und Leistungen kommt beiden entgegen, indem sie die Ausdehnung des Ökonomieprinzips auf die Bodenerzeugung ermöglicht.

Der Begriff Bodenökonomie[1]) umfaßt alle Maßnahmen, die dem Zwecke der Vermehrung der Bodenproduktion unter gleichzeitiger Verminderung des wirtschaftlichen Aufwandes an Bodennährstoffen dienen. Die Bodenökonomie hat insbesondere die Aufgabe, die wirtschaftliche Ungleichheit der pflanzlichen Leistungsfähigkeit bewußt in den Dienst der Bodenproduktion zu stellen und dadurch auch auf die Dauer der Fruchtbarkeit Einfluß zu nehmen.

An dem Erfolge der bodenökonomischen Bestrebungen sind demnach Volkswirtschaft und Privatwirtschaft beteiligt. Das volkswirtschaftliche Interesse wird indessen hier in den Vordergrund treten, weil die Privatwirtschaft ihre Richtung stets durch den unmittelbaren Vorteil empfängt. Dieser deckt sich nicht immer mit der größeren Produktion, während die geringere Beanspruchung des Nährstoffkapitals des Bodens in ihren Folgen nicht so rasch sichtbar wird. Der weitere Blick der Volkswirtschaft hingegen umfaßt größere Zeiträume und größere Ziele. Ihre Maßnahmen gelten nicht bloß der Gegenwart, sondern auch der Zukunft.

Es ist demnach Sache der Volkswirtschaftslehre und der angewandten Volkswirtschaftspolitik, den Begriff der Bodenökonomie

[1]) Strakosch, »Bodenökonomie und Wirtschaftspolitik«, Zeitschrift für Volkswirtschaft, Sozialpolitik und Verwaltung. Wien-Leipzig 1908. Braumüller.

in das Wirtschaftsleben einzuführen und die Hemmungen und Hindernisse zu mildern, die seine Anwendung auf dem Wege in die Praxis vorfindet. Dabei ist ein Zusammenwirken mit anderen Wissenschaften, vor allem mit der Pflanzenzüchtung, der Pflanzenbaulehre, der vergleichenden Sortenkunde u. a. m., unerläßlich.

So führt eine Erscheinung der pflanzlichen Ernährungsphysiologie zur Volkswirtschaft und von dieser zu anderen Forschungsgebieten und zu den Disziplinen der Botanik zurück, die ihren Ausgangspunkt bildete: Ein neuer Beweis der lebendigen Wechselwirkung unter den Wissenschaften, auf welche die Eingangsworte Wiesners hinweisen.

Wiederaufnahme des Wachstums von Strünken der Sequoja sempervirens Endl.

von

Hans Przibram (Wien).

Mit Tafel XX und XXI und 2 Textfiguren.

Eingelangt am 26. Oktober 1907.

Von der Eisenbahnstation Santa Cruz in Kalifornien führt uns ein Wagen in etwa anderthalbstündiger Fahrt nach den »Big Trees«, welche als Sehenswürdigkeit gezeigt werden. Es sind dies riesige Mammutbäume der Art »Red-wood« (Rotholz), *Sequoja sempervirens Endl.* angehörig, die sich von der bekannteren *Sequoja gigantea* durch rote Holzfarbe, flachzweizeilige Anordnung der Nadeln und um die Hälfte kleinere Zapfen unterscheidet.

Kerzengerade ragen die einzelnen Stämme im Waldbestande, 90 Meter und darüber, gen Himmel. Öfter sind mehrere Stämme an den Wurzeln vereinigt und divergieren dann etwas an den Wipfeln. Niemals konnte ich jedoch in Manneshöhe an den riesigen Bäumen Seitenzweige wahrnehmen, jedenfalls weil die Sequojen ebenso wie unsere Tannen und Fichten im Walde ihre unteren Zweige beim weiteren Wachstume abstoßen und nicht wieder ersetzen. Gegenwärtig ist das Fällen der Mammutbäume verboten; daß dies jedoch nicht immer der Fall war, dafür zeugen umherliegende kolossale Baumstämme, deren Querschnitte das vielhundertjährige Alter an den Jahresringen ablesen lassen.

Merkwürdigerweise sieht man aber nur wenige Baumstrünke stehen, welche eine glatte Abholzungsfläche aufweisen. Dafür wurde mein Auge durch einen merkwürdigen Anblick gefesselt: aus einem Stamme, der einen halben Meter im Durchmesser haben mochte, erhob sich ein bedeutend schmälerer Stamm, der selbst eine ansehnliche Höhe erreicht hatte. Mit Regenerationsproblemen viel beschäftigt, fiel mir sogleich die große Ähnlichkeit dieser Bildung

mit Regeneraten, wie sie bei Tieren so allgemein vorkommen, auf. Da ich wußte, daß diese Art des Wiederersatzes bei Pflanzen weit seltener, bei Bäumen überhaupt nicht beobachtet worden ist, traute ich dem ersten Anblicke nicht. Allein immer wieder kamen mir solche Bildungen zu Gesichte. Alle wiesen folgende gemeinsame Züge auf: Auf einem stärkeren Strunke war eine rundliche Kuppe (Überwallungsgewebe) sichtbar, die nichts von der Fällungsebene

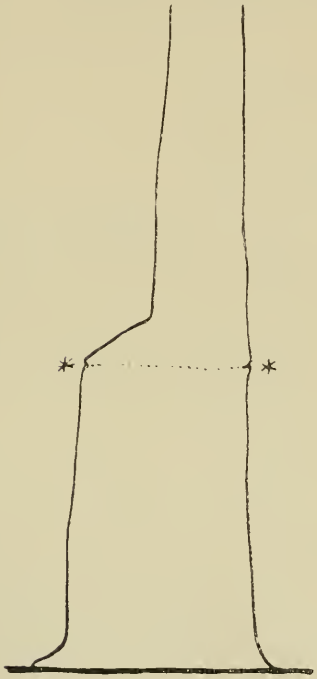


Fig. 1

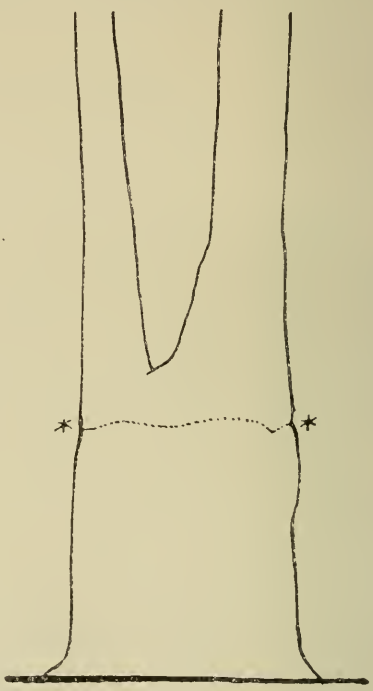


Fig. 2

freiließ; doch lief stets eine scharfe Furche (Textfig. 1 und 2 *—*) an jener Stelle um den Stamm, wo offenbar früher die freie Fläche sich befunden hatte. Im Zusammenhange mit der alten Rinde erhob sich an der einen Seite der Kuppe ein bedeutend schmälerer Stamm, und zwar ging die Kuppe allmählich ansteigend in denselben über. Wurzeln sind weder an der Ansatzstelle, noch darunter am alten Strunke zu sehen, so daß die Deutung des dünneren Stammes als eines auf dem Wundkallus gekeimten zweiten Bäumchens ausgeschlossen erscheint. Auch Seitenzweige kommen

in der Nähe der Ansatzstelle nicht vor; es dürfte daher auch nicht eine Aufrichtung eines Seitenzweiges zur Wiederherstellung des Wipfels vorliegen, wie es sonst bei Nadelhölzern die Regel ist. Wie bereits erwähnt, tragen die alten Stämme der *Sequoja* überhaupt unten keine Seitenzweige, was ich auch an anderen Standorten des Rotholzes, zum Beispiel auf dem Tamalpays bei San Franzisko, bestätigt fand. Einmal erhoben sich aus der Kuppe zwei dünne Stämme, an die im Tierreiche häufigen Doppelbildungen erinnernd (Textfig. 2), deren Zurückführung auf echte Regeneration im Pflanzenreiche mehrfach experimentell erwiesen worden ist.

Die merkwürdige, bei allen unseren Nadelhölzern und auch bei den anderen kalifornischen Gattungen unbekannte Art des Wiederersatzes gefällter Stämme ist den Einwohnern von Santa Cruz geläufig: »The Red-wood can't be killed« (Das Rotholz kann nicht umgebracht werden), sagt mein Kutscher, auf die eigenartigen Gebilde hinweisend. Ich ließ an Ort und Stelle Photographien anfertigen und nahm Samen des Rotholzes mit, um eventuell über die Entstehungsweise der Ersatzprozesse Versuche anstellen zu können.

Biologische Versuchsanstalt in Wien.

Tafelerklärung.

Tafel XX:

Alle Figuren beziehen sich auf *Sequoja sempervirens Endl.*

Fig. *A*. Gewöhnlicher Wuchs eines einzelnen Stammes.

Fig. *B*. Gruppe aus einem mittleren dicken Stamme und mehreren dünneren (Wurzelschößlingen) gebildet.

Fig. *C*. Stamm mit seitlichem Wundkallus.

Fig. *A*—*C* nach käuflichen Photographien. Man beachte, daß sich nirgends am unteren Teile der Stämme Verzweigungen vorfinden.

Tafel XXI:

Fig. *D*. Stämme mit Wiederaufnahme des Wachstums nach Fällung. Photographien von William Ashley, Felton, Santa Cruz Co., Kal. Man vergleiche die schematischen Textfiguren, welche sich auf 1 und 2 beziehen.

Über einen merkwürdigen Fichtengipfel

von

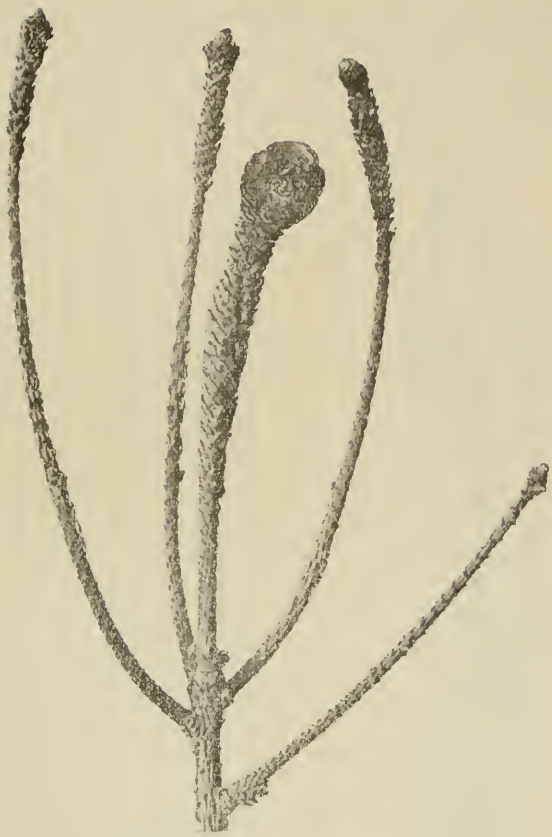
Karl Wilhelm (Wien).

Mit Tafel XXII und 2 Textfiguren.

Eingelangt am 28. Oktober 1907.

Vor einiger Zeit erhielt ich von der gräflich Razumowsky-schen Forstverwaltung zu Ober-Wigstein in Schlesien das in Fig. 1—5 abgebildete Endstück einer gemeinen Fichte, *Picea excelsa*. Leider war Näheres über Alter und Standort des betreffenden Individuums nicht zu erfahren, ebensowenig ob an diesem solche »Mißbildungen« schon wiederholt beobachtet worden seien. Die Bitte an die Absendestelle, bei neuerlichem Auftreten derartiger Erscheinungen an Fichten mir möglichst frisches Material zu schicken, blieb bis heute gleichfalls unerfüllt. Unter diesen Umständen konnte ich mich noch nicht entschließen, das interessante Stück einer ins einzelne gehenden morphologischen und anatomischen Untersuchung zu opfern, möchte es aber trotzdem hier kurz besprechen und auf seine schon äußerlich und unmittelbar wahrnehmbaren Eigentümlichkeiten hinweisen.

Die Fig. 1 und 2 im Texte und Taf. XXII zeigen das endständige Sproßsystem einer Fichte. Der unterste Ast, etwa 19 *cm* lang, hat die normale Ausbildung eines vegetativen Fichtensprosses. An seinem Grunde trägt er unterseits eine schwache Chermesgalle. Der nächsthöhere Zweig verhält sich abweichend, und zwar schon in seiner Wachstumsrichtung; er strebt in leichter Krümmung aufwärts und stellt sein Endstück ungefähr senkrecht. Nur in seiner unteren, kleineren Hälfte erscheint er normal, von da ab sinkt die Länge der dicht anliegenden Nadeln auffällig, diese werden mehr und mehr schuppenartig, wobei ihr Rücken sich schwielenähnlich vorwölbt. Hiermit ändert sich auch die Gestalt des Nadelkissens, indem dieses neben dem Nadelgrunde, etwas unter diesem beginnend, beiderseits eine geringe flügelartige Verbreiterung erfährt. Diese am trockenen Zweige auffällig dunkler



Figur 1. Merkwürdiger Fichtengipfel von vorn; der unterste Ast (rechts) normal. $^1/_3$ nat. Gr.

gefärbten Verbreiterungen erscheinen gegen den mittleren Teil des Kissens mehr oder minder deutlich abgesetzt und enden mitunter in ein kleines freies, den Blattgrund überragendes Spitzchen. Seitlich sind diese Kissen gleich dem Grunde der Schuppen selbst bewimpert. Solche Bewimperung zeigten ab und zu auch schon die normalen Kissen am unteren Teile dieses Zweiges. Weiterhin verdicken sich nun zunächst die oberen, länglichdreieckigen Spuren jener Schuppen und schließlich tritt in der Schuppenachsel je ein blattartiges Läppchen auf, von unregelmäßiger Gestalt, einfach oder häufiger in zwei, mitunter auch in drei Zipfel gespalten, am Rande mehr oder weniger gezähnelt. Diese Bildungen erinnern sehr an die Samen- oder Fruchtschuppen von Fichtenzapfen — auch jene

erscheinen ja mitunter am oberen Ende geteilt — ohne jedoch die normale Form und Größe solcher Schuppen zu erreichen und Samen zu bilden. Der Zweig endet mit einer Knospe, die sich von solchen vegetativer Sprosse nicht wesentlich unterscheidet.

Figur 2. Fichtengipfel von der Seite; der unterste normale Ast steht nach rückwärts ab. $^1/_3$ nat. Gr.

Wie der geschilderte verhalten sich auch die zwei nächstfolgenden Zweige sowie der Gipfeltrieb. An diesem aber ist die Umwandlung in einen Zapfen vollkommen; sein übergebogenes Ende ohne deutliche Gipfelknospe trägt wohlausgebildete Schuppen und Samen. Grüne Nadeln hat er überhaupt nicht mehr entwickelt, an Stelle solcher treten schon an seinem Grunde Schuppen auf gleich den oben erwähnten, doch ohne Rückenschwiele. Schon über dem ersten Viertel seiner Länge beginnt in der Achsel dieser »Deckschuppen« das Erscheinen von »Fruchtschuppen« und diese zeigen hier eine Strecke weit vorwiegend ungefähr die Gestalt, wenn auch nicht die Größe normaler. Gegen die Biegung zu wird ihre Form dann wieder weniger regelmäßig, zwei bis vierzipfelig (siehe Fig. 3, 5); bei manchen könnte man, wie auch an entsprechenden Gebilden der Seitenzweige, vermuten, sie seien aus zwei oder mehreren Teilen zusammengesetzt. Am übergebogenen Endstücke selbst aber gewinnen sie rasch das Aussehen normaler Fichtenzapfenschuppen (siehe Fig. 3—5) und tragen wie diese Samen [1]).

Man hat hier also den meines Wissens noch unbeschriebenen Fall der Umbildung des Gipfeltriebes einer Fichte in einen samentragenden Zapfen vor sich.

Diese auffällige Erscheinung läßt sich einigermaßen vergleichen

[1]) Die Keimfähigkeit dieser wurde nicht geprüft.

mit den an durchwachsenen oder verbildeten Nadelholzzapfen schon so häufig beobachteten und in der Literatur besprochenen, welche Fälle nebst den Deutungen, die sie erfahren haben, hier wohl als bekannt vorausgesetzt werden dürfen[1]). Der augenfällige Unterschied besteht aber darin, daß die letzteren »Anamorphosen« von mehr oder weniger normalen Zapfen ausgingen, während in dem hier betrachteten Falle keine »Durchwachsung«, sondern die Umbildung eines vegetativen Sprosses in einen fertilen vorliegt.

Diese Umbildung eingehend zu beschreiben und anatomische Einzelheiten beizubringen, liegt nicht im Plane dieser Mitteilung. Doch möchte ich mir einige Bemerkungen allgemeiner Natur gestatten, ohne den Gegenstand irgendwie erschöpfen zu wollen.

Dürfen wir Vorkommnisse wie das vorliegende heranziehen, um die noch strittige Frage zu klären, was bei den Tannengewächsen als weibliche Blüte zu betrachten sei?

Die Entscheidung über die Zulässigkeit oder Unzulässigkeit solchen Verfahrens bleibt wohl nach wie vor dem subjektiven Ermessen anheimgestellt. Der vorliegende Fall scheint mir aber immerhin eine gewisse Beachtung zu verdienen, vielleicht mehr als Durchwachsungen oder Vergrünungen. Betrachten wir den Fichtenzapfen entwicklungsgeschichtlich als aus einem vegetativen Zweige hervorgegangen, so ist die Möglichkeit zuzugeben, daß dies auf die nämliche Weise geschehen sei wie an dem besprochenen Fichtengipfel.

Sind nun die hinter den »Deckschuppen« auftretenden, an den Seitenzweigen unvollkommen bleibenden am Mitteltriebe normale Ausbildung erlangenden »Fruchtschuppen« Plazentarwucherungen, »Exkreszenzen« jener oder Achselsprosse?

Bekanntlich gehen in dieser Hinsicht die Meinungen auseinander. Ich fühle mich nicht berufen zum Versuche einer Entscheidung dieser Frage, die ja schon unsere bedeutendsten Forscher beschäftigt hat, ohne eine endgültige Lösung zu finden. Aus allen Deutungen, die bisher gegeben wurden und die hier als bekannt vorausgesetzt werden, ist ein subjektiver Rest nicht zu beseitigen. Hieran würde nach meiner Überzeugung auch die genaueste morphologische und anatomische Prüfung des vorliegenden Falles derzeit

[1]) Siehe z. B. Čelakowský, »Neue Beiträge zum Verständnis der Fruchtschuppe der Koniferen«, Jahrb. für wiss. Bot., Bd. 35, 1900, pag. 407 ff. — Göbel, Organographie«, II, pag. 702 ff. — v. Wettstein, »Handbuch der systematischen Botanik , II, pag. 140 u. f.

nicht viel ändern, denn die bisherige Erfahrung hat gezeigt, daß auf solchem Wege einwandfreie Ergebnisse kaum zu gewinnen sind. Wurden doch in dieser Frage aus den nämlichen entwicklungsgeschichtlichen und anatomischen Tatsachen entgegengesetzte Folgerungen gezogen [1]).

Überläßt man sich angesichts unseres Fichtengipfels möglichst unbefangen dem äußeren Eindrucke, dann ist allerdings die Vorstellung, daß es sich da um Achselsprosse handle, die einem bestimmten Ziele zustreben und dieses am Mitteltriebe auch erreichen, kaum abzuweisen. Die Kleinheit der Deckschuppen und ihre Ähnlichkeit mit den unteren Schuppen normaler Fichtenknospen läßt die Annahme, die weit größere Fruchtschuppe sei eine Wucherung des Deckschuppengrundes, eigentlich etwas gezwungen erscheinen. Man könnte füglich erwarten, daß eine solche »Wucherung« auch die Form und Größe des äußeren Teiles des ganzen Blattgebildes, der Deckschuppe selbst, beeinflussen müßte. Hiervon ist aber im vorliegenden Falle ebensowenig zu bemerken wie bei normalen Fichtenzapfen. Bei Tanne und Lärche, wo zur Blütezeit die Deckschuppe weit größer ist als die dieser dicht angeschmiegte Fruchtschuppe, bereitet die Plazentartheorie der Vorstellung weniger Schwierigkeiten. Für die Lärche hat kürzlich Noll, wie schon vor ihm Čelakowský (l. c.) durch interessante Beobachtungen an durchwachsenen Zapfen die Auffassung der Fruchtschuppen als Achselsprosse zu stützen versucht [2]). Seine klaren Darlegungen sind sehr einleuchtend, schließen aber meines Erachtens eine andere Deutung der betreffenden Erscheinungen keineswegs aus.

Die Annahme, daß die Frucht- oder Samenschuppe der Nadelhölzer ein Achselsproß sei, liegt wohl bei den Kiefern am nächsten, weil hier ja, abgesehen von den ersten Lebensjahren des Baumes, die gesamte Benadelung an Kurztrieben sitzt, die Bildung solcher also eine ganz normale Erscheinung ist und es eigentlich verwunderlich wäre, wenn sie in der Blütenregion unterbliebe. Diese Auffassung scheint mir auch durch den Umstand begünstigt, daß bei manchen Arten, so zum Beispiel bei *Pinus halepensis*, *brutia*, *rigida* . . . Langtriebknospen unmittelbar zu weiblichen Blütensprossen

[1]) Siehe Čelakowský, l. c., pag. 424.

[2]) »Über den morphologischen Aufbau des Abietineenzapfens«. Sitzungsber. der niederrhein. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn, Jahrg. 1893, Naturwiss. Sekt., pag. 38. Siehe Verhandl. des naturhist. Vereines der preuß. Rheinlande usw., 51. Jahrg., 1894.

werden. Auch konnte ich bei Gartenexemplaren der Bergkiefer wiederholt beobachten, wie neben der Endknospe neuer Jahrestriebe an Stelle der sonst hier auftretenden weiblichen Blütensprosse normale, also mit Kurztrieben besetzte Langzweigchen zur Entwicklung kamen, die fertile Bildung durch die vegetative ersetzt wurde.

Solche Erscheinungen dürften die Vorstellung begünstigen, daß die weibliche, zum Zapfen heranwachsende Kiefernblüte als ein Langtrieb zu betrachten sei, dessen seitliche Kurztriebe eine Änderung zu Fruchtschuppen erfahren haben. Diese weibliche »Blüte« wäre dann eigentlich ein Blütenstand im Sinne Brauns, Strasburgers, Čelakowskýs, Nolls, v. Wettsteins u. a., jede Fruchtschuppe also strenge genommen eine Einzelblüte und als solche vergleichbar den unbestritten die Stelle von Kurztrieben einnehmenden männlichen Kiefernblüten. Bekanntlich sind die Deckschuppen an der weiblichen Blütenspindel bei der Kiefer schon zur Blütezeit kleiner und zarter als die hier auffallend fleischigen, mit einem »Kiele« versehenen Fruchtschuppen und schwinden während der Zapfenreife ganz. Bei der Fichte besteht zwischen beiderlei Schuppen zur Blütezeit dasselbe Verhältnis, doch sind am reifen Zapfen die Deckschüppchen, zwischen den Fruchtschuppen versteckt, noch vorhanden. Auch auf Grund dieser Ähnlichkeit zwischen beiden Arten könnte man in der weiblichen »Blüte« der Fichte ein Sproßsystem erblicken; allerdings hätte man hier kein Analogon in der vegetativen Region, da die Fichten wie die Tannen u. a. in dieser nur Langtriebe bilden.

Was bei den Kiefern, vielleicht auch bei den Fichten wahrscheinlich ist, braucht aber meines Erachtens nicht unbedingt für alle übrigen Abietineen zu gelten. Ich fände die Annahme, daß die Fruchtschuppe dieser Koniferen nicht immer den nämlichen »morphologischen Wert« habe, durchaus nicht unzulässig. Mir scheint die Vorstellung, daß die Samenanlagen auch bei nahe verwandten Gattungen, wie *Abies*, *Picea*, *Pinus* . . . dort auf einem Auswuchs der Deckschuppen selbst, hier auf einem ungegliederten Achselsproß untergebracht seien, heiße man diesen nun Cladodium, Discus oder Symphyllodium (Čelakowský), keine unüberwindliche Schwierigkeit zu bieten. Die Natur bindet sich nicht immer an Schablonen. Sie läßt zum Beispiel die »Cupula« bei den Corylaceen aus Hochblättern, bei den Fagaceen aus dem Blütenboden hervorgehen. *Viburnum Lantana* und *Cornus sanguinea* bilden nackte, *Viburnum Opulus* und

Cornus mas beschuppte Knospen u. dgl. m. Vielleicht ist auch die Fruchtschuppe der Koniferen nicht überall das gleiche morphologische Gebilde, vielleicht können die Plazentar- und die Sproßtheorie nebeneinander zu Recht bestehen.

Erklärung zur Tafel XXII.

Merkwürdiger Fichtengipfel.

Fig. 3. Der Mitteltrieb und zwei Seitentriebe des Fichtengipfels in ihrer oberen Hälfte, von der Seite. $^3/_5$ nat. Gr.

Fig. 4. Der Mitteltrieb und zwei Seitentriebe des Fichtengipfels in ihrer oberen Hälfte, von vorn. $^1/_2$ nat. Gr.

Fig. 5. Der Mitteltrieb nebst einem Seitentriebe des Fichtengipfels in ihrer oberen Hälfte, von rückwärts. $^3/_5$ nat. Gr.

Zwillingswurzeln

von

G. Lopriore (Catania).

Mit Tafel XXIII.

Eingelangt am 22. Dezember 1907.

Es ist ein Verdienst Wiesners, zuerst darauf hingewiesen zu haben, daß die allbekannte Erscheinung der Förderung der Außenorgane sich von äußeren Einwirkungen unabhängig vollzieht und »nur aus der Lage des betreffenden Organs zu seinem Mutterorgan resultiert«.

Diese auf »Exotrophie«, d. h. auf Ernährungsunterschiede, zurückgeführte Erscheinung beruht auf anatomischen Ursachen, die meist als ererbte Eigentümlichkeiten aufgefaßt werden.

Ein Beispiel einseitiger Begünstigung von Seitenorganen, die mehr durch anatomische als durch Ernährungsverhältnisse bedingt wird, bieten die sogenannten Zwillingswurzeln dar. Diese stellen besondere Fälle kollateraler Bildung dar, die im Vergleich zu den serial verwachsenen oder verbänderten Seitenwurzeln zylindrisch sind und erst durch nachträgliche Verwachsung bandförmig erscheinen.

Die kollateralen Wurzeln bilden sich aus nebeneinander, die serialen aus übereinander enstandenen Anlagen. Bei den ersteren entstehen die beiden Vegetationskegel nahe, jedoch voneinander getrennt und verwachsen erst bei ihrem Hervorbrechen mit ihren äußeren Rindenschichten. Bei den serialen Bandwurzeln entstehen die Vegetationskegel entweder dicht übereinander oder verwandeln sich in eine Vegetationslinie, die sich nach dem Scheitel hin in mehrere Vegetationspunkte auflöst. Ein einziger Rindenmantel umhüllt die getrennt entstandenen oder die flachen Vegetationsspitzen.

Infolge der verschiedenen Entstehungsweise pflegen die Zwillingswurzeln in die »Synstelie«, die serialen Bandwurzeln in die »Schizostelie« überzugehen.

In bezug auf ihre Ansatzweise an die Mutterwurzel verhalten sich kollaterale und seriale Seitenwurzeln verschieden. Die ersteren stellen sich mit ihrer Basis senkrecht zur Längsachse der Mutterwurzel, die serialen in derselben Ebene der Längsachse und daher senkrecht zu den kollateralen.

Hinsichtlich der äußeren Gestalt bieten die Zwillingswurzeln die größte Gleichförmigkeit, jedoch verhalten sie sich bei Mono- und Dicotylen verschieden. Von der Seite betrachtet, sind sie von normalen zylindrischen Wurzeln kaum zu unterscheiden, und wenn sie sich auch spalten, sehen die Teilwurzeln wie Wurzelverzweigungen aus. Nur in einem Falle wies das eigenartige Verhalten einer Zwillingswurzel von *Vicia Faba* den wirklichen Tatbestand ihrer Entstehung am deutlichsten auf. Von drei in Längsrichtung sich folgenden Zwillingswurzeln zeichnete sich die mittlere nicht nur durch ihre frühzeitig erfolgte Spaltung, sondern auch dadurch aus, daß sie einen schmalen Rindenstreifen von der Mutterwurzel abgesondert und mitgerissen hatte. Offenbar waren die beiden Vegetationskegel der betreffenden Zwillingswurzel von Anfang an getrennt, so daß sie bei ihrem Hervorbrechen den zwischen ihnen enthaltenen Rindenstreifen abgerissen und ihn beim weiteren Wachsen nach Art eines Bogens gespannt hatten. Der so gespannt gebliebene Rindenstreif hatte natürlich die Verwachsung der die beiden Teilwurzeln umhüllenden Rindenmäntel verhindert und die Trennung von der Basis an bedingt.

Die Unmöglichkeit, Zwillingswurzeln in gleicher Weise wie seriale Bandwurzeln experimentell — z. B. durch Dekapitation der Mutterwurzel hervorzurufen — erschwert die gründliche Untersuchung dieser zufällig auftretenden Gebilde, denn nur eine größere Anzahl derselben kann über ihre wichtigsten Eigentümlichkeiten hinreichende Auskunft geben.

Gelegentlich meiner Untersuchungen über bandförmige Wurzeln bot mir das reiche Versuchsmaterial die Möglichkeit, Zwillingswurzeln aufzufinden und über eine ausreichende Anzahl derselben zu verfügen.

Als Versuchsmaterial wurde den Keimwurzeln von *Zea Mays* unter den Monocotylen, denen von *Vicia Faba* unter den Dicotylen der Vorzug gegeben. Die betreffenden Kulturen wurden entweder in Wasserkulturen oder im Sägemehl oder endlich im natürlichen Vegetationsboden ausgeführt. Wasserkulturen eignen sich deshalb besser als die im Sägemehl und Vegetationsboden,

da sie gestatten, das freie Wachstum der Wurzeln zu verfolgen und die geeigneten Zwillingswurzeln zu passender Zeit für die Untersuchung zu entnehmen.

Nach diesen allgemeinen Erörterungen sollen einige typische Fälle beschrieben werden.

Vicia Faba.

Van Tieghem, der die Bildung der »radicelles doubles« bei Dicotylen zuerst beobachtet hat, meint, daß sie »un phénomène particulier, accidentel sûrement mais non très-rare« darstellt. In bezug auf ihre Entstehung gilt nach van Tieghem als Regel, daß sie erst dann erfolgt, wenn »deux radicelles appartenant à deux rangées voisines prennent naissance dans le pericycle en même temps et au même niveau«.

Über die anatomischen Verhältnisse teilt van Tieghem nichts Näheres mit, sondern bespricht nur die allgemeinen theoretisch wichtigen Bedingungen, unter welchen ihre Bildung möglich ist.

Wir wollen diese Bedingungen hier kurz zusammenfassen, um sie mit denen zu vergleichen, die wir viel regelmäßiger in der Bildung der Zwillingswurzeln beobachtet haben.

Vor allem zeichnen sich die Zwillingswurzeln dadurch aus, daß ihre Symmetrieebene nicht durch die Mitte einer Xylemplatte, sondern durch die mediane Ebene zweier derselben, d. h. durch die Mitte einer Phloëmgruppe geht.

Um den Vorgang kurz darzustellen, bezeichnet van Tieghem durch r die Zahl der zur Bildung einer Seitenwurzel erforderlichen Perikambiumzellen und durch p die Zahl derjenigen, welche zwischen den Mittelpunkten zweier benachbarter Phloëmbündeln gelegen sind. Ist r kleiner als p, so sind die zwei Seitenwurzeln selbständig und je einer Xylemplatte gegenübergestellt. Das ist der normale Fall. Ist r gleich p, so sind die Seitenwurzeln immer noch selbständig, allein sie berühren sich an der Basis. Ist r größer als p, so verschmelzen die zwei Bildungskegel mehr oder weniger. Es bildet sich in diesem Falle eine Zwillingswurzel, in welcher die gemeinsamen Zellen durch ihre Teilungen eine mehr oder weniger ausgedehnte, beiden Wurzeln gehörende Gewebezone bilden. Je kleiner p wird, d. h. je größer in der Mutterwurzel die Zahl der Leitbündel ist, desto leichter bilden sich Zwillingswurzeln. Anderseits spielt die Größe des Zentralzylinders eine wichtige Rolle. Je geringer die Größe des Zentralzylinders ist, desto leichter kann p

kleiner als r werden, mag der Zentralzylinder tetrarch oder gar triarch sein.

Die Bildung der Zwillingswurzeln erfolgt auch desto leichter, je kleiner die Deviation ist — unter Deviationswinkel versteht van Tieghem den von den Achsen der Zwillingswurzel und der benachbarten Xylemplatte gebildeten Winkel — auf dem Querschnitt der Mutterwurzel betrachtet.

Wenn anstatt zweier drei Xylembündel an der Bildung einer Seitenwurzel beteiligt sind, wird diese von van Tieghem als »triple« bezeichnet, gleichgültig ob die drei Leitbündel einen oder zwei Zentralzylinder bilden. Im letzteren Falle nennt van Tieghem die betreffende Wurzel bald double, bald triple. Eine solche Benennung enthält offenbar einen Widerspruch, da bald die Zahl der sich beteiligenden Xylembündel, bald jene der entstandenen Vegetationspunkte als Merkmal der Benennung dient. Bei Monocotylen (Mais) wo z. B. nicht selten mehr als drei Xylembündel an der Bildung einer Seitenwurzel beteiligt sind, ist der Übergang von den triplen zu den bandförmigen Wurzeln ein leichter.

Diesen allgemeinen, nach van Tieghem erforderlichen Bedingungen, nach denen die Bildung von Zwillingswurzeln stattfindet, wollen wir einige andere hinzufügen, welche nach unseren Beobachtungen häufiger vorkommen und in befriedigender Weise die Bildung der Zwillingswurzeln erklären.

Nach unseren Beobachtungen erfolgt die Bildung der Zwillingswurzeln viel regelmäßiger, wenn, eine relativ hohe Polyarchie in der Mutterwurzel vorausgesetzt, die Verteilung der Xylemplatten derart von der normalen abweicht, daß zwei von diesen gegeneinander rücken und dadurch der van Tieghemsche p-Wert ein äußerst kleiner wird. Kommt diese Bedingung zustande, so erscheinen die Zwillingswurzeln nur an einer Seite und längs zweier Orthostichen der Mutterwurzel.

Wir wollen ein derartiges Verhalten näher verfolgen.

Der Querschnitt durch die betreffende Mutterwurzel zeigt, daß der pentarche Zentralzylinder etwas abgeflacht erscheint und daß die fünf Xylemplatten eine besondere Verteilung aufweisen: zwei von ihnen sind in der Richtung des Längsdurchmessers, eine in der des Querdurchmessers orientiert und die zwei übrigen sind so zusammengerückt, daß sie mit der oberen, kleineren Platte einen sehr spitzen Winkel bilden.

Diese Orientierung wird in der ganzen Wurzellänge beibe-

halten und tritt gegen die Wurzelspitze besonders deutlich hervor, da hier die zentripetale Entwicklung der Xylemplatten und die Bildung der Sklerenchyminseln noch nicht stattgefunden haben. Demnach scheint die Wurzel von dem radialen in den bilateralen Bau überzugehen und eine Symmetrieebene aufzuweisen, welche durch den kleineren Durchmesser des Wurzelquerschnittes geht.

Das Phloëm zeigt dabei eine entsprechende Entwicklung in tangentialer Richtung, welche an beiden Seiten der kleineren Xylemplatten das Maximum erreicht und von hier ab bis zum entgegengesetzten Ende des kleinen Durchmessers des Zentralzylinders abnimmt. Ein ähnliches Verhalten zeigen auch die Sklerenchyminseln, welche in derselben Weise und Richtung an Größe abnehmen. An den zwei Enden des kleinen Durchmessers des Zentralzylinders befinden sich also eine kleine Xylemplatte und eine kleine Sklerenchyminsel. Letztere unterscheidet sich von den übrigen Sklerenchymgruppen nicht nur durch die relativ kleine Anzahl ihrer Elemente, sondern auch durch die Orientierung und Streckung derselben in radialer anstatt in tangentialer Richtung. Diese Gruppe verhindert die Verwachsung beider Wurzeln bis zu ihren Zentralzylindern, so daß die zwei von der Mutter- zu der Zwillingswurzel übergehenden Xylemstränge etwa bogenartig um die Sklerenchyminsel und gegeneinander biegen.

Das ganze Verhalten findet ein Analogon in dem von den Wurzeln der *Tecoma radicans*. Zwischen je zwei Reihen dieser Wurzeln liegen Hartbastbündel, welche zur Trennung der einzelnen Wurzelreihen ganz besonders beitragen (Franke, I, pag. 315).

Die Möglichkeit, daß eine innigere Verwachsung der zwei Wurzeln durch das Vorhandensein von Sklerenchyminseln verhindert werden kann, wird von van Tieghem nicht erwogen, auch nicht der Umstand, daß durch die progressive Verkleinerung dieser Gruppe und das gleichzeitige Konvergieren der zwei Xylemplatten gegen den Scheitel hin die Bildung von Zwillingswurzeln gefördert wird.

Interessant ist es auch, den Bau der Zwillingswurzeln mit dem der morphotisch ähnlichen, genetisch aber so verschiedenen serialen Bandwurzeln zu vergleichen.

Auf dem Querschnitt betrachtet, zeichnen sich die Zwillingswurzeln durch die regelmäßig konzentrische Lagerung der Rindenzellen und durch die vorwiegende Tetrarchie des Zentralzylinders aus. Die gemeinsame Rinde erscheint um so mächtiger, je näher

der Basis die Querschnitte geführt werden. Auch die Zellen erreichen hier die größten Dimensionen.

Die Querschnittsbilder der wie Zwillingswurzeln aussehenden serialen Bandwurzeln zeigen ein ganz anderes Verhalten.

Vor allem erfolgt bei diesen die Teilung nicht wie bei den Zwillingswurzeln durch gleichmäßige Einschnürung von beiden Seiten, sondern vorwiegend nur von einer Seite. Längs der Einschnürungsstelle zeigt sich ein kleinzelliges Rindengewebe, welches um die kleine, im Schwinden fortgeschrittene Stele deutlich hervortritt.

Die Tetrarchie der Zentralzylinder zeigt sich entweder gar nicht oder wenigstens nicht regelmäßig. Wenn auch einige Wurzelhälften zur Tetrarchie neigen, so zeigen doch die ihnen zugehörenden Hälften kein ähnliches Verhalten. Bei den Zwillingswurzeln kann die Tetrarchie nur ausnahmsweise durch Schwinden einer Xylemplatte und Verschmelzung der zwei an beiden Seiten liegenden Phloëmbündel in die Triarchie übergehen.

Der Zentralzylinder zeigt bei den kollateralen Zwillingswurzeln meist die zylindrische Form; bei den serialen dagegen stimmt er mit der Form der ganzen Wurzel überein und ist besonders an den Innen-, weniger an den Außenpolen etwas abgeflacht.

Nach erfolgter Spaltung gehen die Schizorrhizen der serialen Bandwurzeln erst allmählich in die zylindrische Form über, die von den Zwillingswurzeln schon vor der Spaltung angenommen wird.

Auf ein weiteres Merkmal ist hier hinzuweisen. Die Zwillingswurzeln bilden meist keine Seitenwurzeln. Das Fehlen dieser Bildungsfähigkeit ist auf den Umstand zurückzuführen, daß die Zwillingswurzeln weit von der Basis der Mutterwurzel erscheinen, also dort, wo überhaupt auch bei Seitenwurzeln 1. Ordnung die Bildung von Seitenwurzeln 2. Ordnung fast ganz erlischt. Bei serialen Bandwurzeln erfolgt dagegen die Bildung von Seitenwurzeln 2. Ordnung in unbeschränkter Anzahl und Zeitdauer.

Trotz gleichartiger Bildungszustände verhalten sich die beiden Stelen einer Zwillingswurzel nicht immer gleich. Die eine kann mächtige Sklerenchyminseln besitzen, während die andere ihrer völlig entbehrt. Auch die vorwiegende Tetrarchie der Stelen bleibt nicht immer bestehen, da die Reduktion einer Stele zu einer triarchen oder ihre Steigerung zu einer pentarchen nicht immer gleichen Schritt mit der anderen hält.

In bezug auf die Verflachung und auf die Orientierung zum Umfang verhalten sich die Stelen gleich. Sind diese schief und abgeflacht, so stehen sie aneinander parallel.

Es mag hier hervorgehoben werden, daß Zwillingswurzeln auch aus mehr als zwei Xylemplatten im Perikambium entstehen können. In einem von mir beobachteten Fall traten aus einer hexarchen Hauptwurzel drei Xylemplatten in eine Seitenwurzel über. Diese war aber keine »triple« im Sinne van Tieghems, sondern eine Zwillingswurzel, deren beide Leitbündelkörper aus einer, beziehungsweise aus zwei übertretenden Xylemplatten gebildet waren. Die betreffenden Xylemstränge waren bogig gegeneinander gestaltet und ließen zwischen sich reichliches Parenchym.

Der Querschnitt des Zentralzylinders der Mutterwurzel zeigte, daß die drei an der Bildung der Zwillingswurzel sich beteiligenden Xylemplatten weit in der Richtung der Zwillingswurzel hervorragten, so daß der Querschnitt fast birnenförmig erschien und diese Gestalt an der einen Seite der Mutterwurzel, d. h. längs der einen Längshälfte derselben hartnäckig behielt. Das weist darauf hin, daß die einseitige Förderung der Nebenwurzeln durch besondere anatomische Verhältnisse begünstigt wird.

Zea Mays.

Bei Monocotylen ist das Auftreten von Zwillingswurzeln wenig bekannt. Die Erscheinung beansprucht daher eine um so größere Aufmerksamkeit, als der Polyarchie dieser Wurzeln entsprechend nicht ein, sondern meist mehrere Leitbündel zugleich sich an der Seitenwurzelbildung beteiligen. Daß übrigens auch oligarche Wurzeln mit dünnem Leitbündelstrang Zwillingswurzeln bilden können, hat van Tieghem (1, pag. 22) an tetrarchen Wurzeln von *Echeandia ternifolia* und gar an den triarchen von *Bulbine annuum* beobachtet.

Zwei Fälle sollen näher erläutert werden. Der erste bezieht sich auf eine in der Rinde kriechende Zwillingswurzel kollateraler Bildung, die erst nach ihrer völligen Ausbildung durch die Rinde der Mutterwurzel hervorbrach.

Der zweite Fall stellte dagegen eine seriale, wie eine Zwillingswurzel aussehende Seitenwurzel dar, die aus einer regenerierten Spalthälfte hervorging. Sie wich von dem allgemeinen Verhalten der serial bandförmigen Wurzeln nicht wesentlich ab, nur schien sie in zwei gleiche Hälften sich auflösen zu wollen, ein Verhalten, dem ihr monostelischer Leitbündelkörper nicht folgte.

Ein Vergleich der beiden Querschnittsbilder zeigte sowohl die verschiedene Entstehung als auch die verschiedene von dieser beeinflußte Ausbildung der Gewebe.

Zunächst fiel die verschiedene Querschnittsform beider Wurzeln auf. Die eine hatte die charakteristische Brezelform, die andere die einer S. Die erste Form kommt dadurch zustande, daß zwischen den zur Bildung beider Zentralzylinder erforderlichen Leitbündeln eine fast gleiche Anzahl von diesen in Ruhe verbleibt. Die beiden Wurzeln bildeten mit der nach innen gerichteten Rinde einen rechten Winkel. Längs der Kontaktfläche war der gegenseitige Druck der wachsenden Wurzeln derartig, daß sich diese abflachten und zum Teil verschmolzen. Eine Folge des von der Rinde der Mutterwurzel ausgeübten Druckes ist die Ausbildung einer mechanisch wirkenden Außenrinde in der Zwillingswurzel. Diese erreichte gerade an der Kontaktfläche die größte Mächtigkeit und zeichnete sich auch durch ihre dickwandigen, anders orientierten Elemente aus.

Im Gegensatze zu diesem Verhalten entbehrte die andere Wurzel, den verschiedenartigen Wachstumsumständen entsprechend, jeder Andeutung einer mechanisch wirkenden Außenrinde. Die Innenrinde wies dagegen in beiden Querschnittsbildern fast normale Entwicklung auf. Die konzentrische Orientierung der Rindenzellen ist in der Zwillingswurzel regelmäßiger als in der anderen, und zwar an der Außen- regelmäßiger als an der Innenseite.

Die Zentralzylinder hatten trotz ihrer exzentrischen Lage fast die gleiche Form des Querschnittes wie die Zwillingswurzel. An der ursprünglichen Seite der Kontaktfläche der Rinde waren sie infolge des bis zu ihnen sich fortpflanzenden Druckes leicht abgeflacht Die große Einförmigkeit der auf ihre Bildung wirkenden Wachstumsverhältnisse äußerte sich in der Gleichheit der Form, Orientierung und Anzahl der Leitbündel.

Ein ganz verschiedenes Verhalten zeigte das Querschnittsbild der serial entstandenen Bandwurzel. Zunächst fiel bei diesem das Vorhandensein einer Längsachse auf, in der die meisten weiten Gefäße angeordnet waren und zu der alle übrigen Elemente fast symmetrisch lagen. Die Lagerung dieser Gefäße in der Mediane steht wahrscheinlich im Zusammenhang mit ihrer Entstehung aus einer einzigen Xylemplatte der Mutterwurzel, die für eine Strecke entsprechender Länge daran beteiligt war. Die gleiche Tendenz der übrigen weiten Gefäße, sich fast parallel zur Längsachse des Querschnittes zu lagern und damit die peripherische Lage zu verlassen,

würde ebenfalls in Zusammenhang mit ihrer Entstehung aus anderen Xylemplatten stehen, die sowohl zu der Mediane als auch zueinander parallel lagen.

Aus dem Vergleiche beider Gebilde geht hervor, daß die typischen Zwillingswurzeln (wie bei Dicotylen) kollaterale Bildung aufweisen und sich wie bei letzteren in senkrechter Richtung zur Vegetationsachse der Mutterwurzel bilden. Unter den serialen bandförmigen Wurzeln befinden sich zwar solche, die den Zwillingswurzeln ähneln, jedoch keine völlige Übereinstimmung zwischen äußeren und inneren Merkmalen zeigen.

Die typischen kollateralen Zwillingswurzeln weisen, in ihrer Gesamtheit betrachtet, eine Symmetrieebene auf, welche durch die Kontaktfläche und durch die Längsachse der Mutterwurzel geht. Diese Ebene teilt die serialen Zwillingswurzeln in zwei Hälften. Außerdem besitzen sie noch zwei Symmetrieebenen, die sich unter einem Winkel von zirka 90° schneiden. Beide Symmetrieebenen fallen in den serialen Wurzeln zusammen. Eine weitere Erläuterung zu dem beschriebenen Verhalten der Zwillingswurzeln bietet der Querschnitt, der gerade durch die Ursprungsstelle der Zwillingswurzel geführt wurde.

Es handelt sich um eine Zwillingswurzel, die in der Rinde der Mutterwurzel gleichsam eingekapselt blieb. An der Ursprungsstelle waren die zwei Wurzeln getrennt. Bei ihrem Weiterwachsen in vertikaler Richtung näherten sie sich einander, bis sie sich berührten und an der Berührungsstelle abflachten. Die für die zwei anderen schon beschriebenen Eigentümlichkeiten stimmen auch mit denen dieser Wurzeln überein. Die Epidermis der Mutterwurzel wurde weit nach außen gedrängt und zwischen den zwei Wurzeln in der Richtung der Symmetrieebene der ganzen Figur gespannt, ohne jedoch zersprengt zu werden. Dies war dadurch möglich, daß die Mutterwurzel der mechanischen Außenrinde entbehrte und dem inneren Druck der Zwillingswurzel leicht nachgeben konnte; letztere nahm damit die ganze Rindendicke bis zur Epidermis ein. Die einzige zwischen den beiden Epidermen verbleibende Rindenschicht — als Hypoderm war sie ihrer Ausbildung nach kaum zu bezeichnen — verschwand allmählich in den scheitelwärts geführten Schnitten, so daß die zwei Epidermen sich unmittelbar berührten. So gering aber der von der Epidermis ausgeübte Druck auch war, veranlaßte er doch die Bildung der mechanischen Außenrinde an der Außenseite der Zwillingswurzel. Der mechanische Ring bestand in

dem oberen Teil aus isolierten, in dem unteren aus dicht gedrängten Elementen, die schließlich einen gleichmäßig dicken Gürtel bildeten.

Teleologisch betrachtet leuchtet die Bildung dieses Gürtels nicht ein, denn bei dem Verbleiben der Wurzel unter der Rinde entbehrt sie jeder mechanischen Bedeutung. Demnach kann solche Bildung sich nur unter dem Einfluß des Rindendruckes der Mutterwurzel vollzogen haben, welche der mechanischen Außenrinde auffallenderweise völlig entbehrt. In anderen Beziehungen ist das Verhalten des Zentralzylinders der Mutterwurzel interessant und weist manche Ähnlichkeit mit den von mir früher beschriebenen Erscheinungen auf. (Cfr. Lopriore II, Fig. 6, Taf. I.)

Auf dem Querschnitte zeigt der Zentralzylinder das Bestreben zur Hufeisenform überzugehen, indem die Xylemelemente, besonders aber die weiten Gefäße die peripherische Lage verlassen und gegen die Mitte hinrücken. Diese Gefäße sind in der medianen, zwischen den zwei Wurzeln liegenden Längsebene angeordnet, zeigen ungleichen elliptischen Umriß und sind meist in der Richtung der Längsebene gestreckt. Nur zwei von ihnen, die größten, haben sich von den übrigen völlig isoliert und senkrecht zur Symmetrieebene gestellt.

Das Phloëm behält dagegen die ursprüngliche Lage bei, nur erstreckt es sich bedeutend in tangentialer Richtung.

Die von der Mutter- zur Zwillingswurzel übergehenden Bündelstränge zeigen eine breite Ansatzstelle auf der ersteren und bilden einen mit der Öffnung nach außen gerichteten rechten Winkel.

Die Endodermis geht von der Mutter- zur Zwillingswurzel ohne Unterbrechung über und stellt die äußere Grenze des hufeisenförmigen, die drei Zentralzylinder umfassenden Gebildes dar.

Schlußbetrachtungen.

Die bis jetzt beschriebenen Fälle verdienen eine kurze Erörterung.

Die Bildung von Zwillingswurzeln an der einen Seite der Mutterwurzel beruht auf anatomischen Verhältnissen, nämlich auf dem Zusammenrücken nach der betreffenden Seite hin zweier oder mehrerer Xylemplatten.

Ein gefördertes Wachstum tritt zwar weder regelmäßig ein, noch ist es so ausgeprägt wie die von Wiesner als »Exotrophie« aufgefaßte Außenwendigkeit oberirdischer Organe (z. B. Blüten).

Die einseitige Beschränkung der Zwillingswurzeln tritt auch nicht so regelmäßig ein wie die der Seitenwurzeln an gekrümmten

Strecken des Mutterorgans (»Morphästesie«), mit deren Bedeutung und Verbreitung uns Noll (l., pag. 406) bekannt gemacht hat. Ein Antagonismus zwischen der anatomisch prädestinierten und der entgegengesetzten Seite kommt also nicht zum Ausdruck.

Mit dem anatomischen kommt auch das physiologische, auf Ernährungsunterschieden beruhende Moment in Betracht, welches sich dadurch äußert, daß die die Nährstoffe befördernden Bahnen entsprechend verstärkt werden.

In mechanischer Hinsicht tritt aber die Ausbildung der mechanisch wirkenden, für Leguminosenwurzeln charakteristischen Sklerenchymstränge an der geförderten Seite sehr zurück. In dieser Hinsicht leuchtet es auch nicht ein, weshalb von den zwei Hälften einer Zwillingswurzel die eine, sehr mächtige Bastbelege besitzt, während die andere keine aufweist.

Noch mehr als die einseitige Förderung fällt die Eigentümlichkeit auf, daß die beiden Seitenwurzeln in gleicher Höhe und zu gleicher Zeit hervorbrechen und daß die resultierenden Zwillingswurzeln längs der zwei betreffenden Orthostichen wiederholt auftreten. Daß nun der eine Bildungshügel bald nach seiner Anlage irgendeinen Reiz ausübt, wodurch ein zweiter nebenan entsteht, ist kaum anzunehmen: denn beide Hügel halten in ihrer Entwicklung durchaus gleichen Schritt. Sie entstehen also nicht sukzessiv, sondern simultan, wenn sich auch an ihrer Bildung anstatt zweier mehr Xylemplatten beteiligen. Richtiger scheint die Deutung zu sein, daß die Xylemplatten bei ihrem Zusammenrücken und gleichzeitigen Hervorragen Spannungsunterschiede im Perikambium hervorrufen, wodurch letzteres vor den betreffenden Xylemplatten zu einer größeren Tätigkeit gereizt wird.

Die experimentelle, schwer durchzuführende Nachprüfung dieser Annahme könnte vielleicht durch Einwirkung des Druckes herbeigebracht werden, der nach Wildt (l., pag. 47) die Bildung neuer Gefäßbündel und dadurch die »Heterarchie« der Wurzel an der gedrückten Stelle bedingen kann. Die Einschaltung neuer Gefäßbündel — infolge deren die normale sternige Anordnung der alten gestört wird — könnte die Bildung von Zwillingswurzeln an der betreffenden Seite hervorrufen. Der van Tieghemsche p-Wert würde dadurch ein sehr geringer werden.

Das Fehlen der Zwillingswurzeln an dem Basalteile der Mutterwurzel und ihr regelmäßigeres Auftreten weit unterhalb desselben — etwa in dem mittelständigen Drittelteile der Wurzellänge —

beweisen, daß die Zwillingswurzeln dort angewiesen sind, wo ihr Ansatz an der Mutterwurzel eine relativ geringe Breite aufweist. Es ist ferner zu beachten, daß die tangentiale Breite der zwischen den Strahlen des Leitbündelkörpers gespannten Perikambiumbogen an der Wurzelbasis das Maximum erreicht und durch Einschaltung sekundärer Bündel an Ausdehnung gewinnt. Daher können Spannungsunterschiede keine so große Ausdehnung zeigen, wie es bei geringer Breite der Perikambiumbogen möglich wäre.

Ökologisch betrachtet bieten die Zwillingswurzeln keinen Vorteil im Vergleich zu den zylindrischen Seitenwurzeln. Sie können in der Tat das Substrat nicht so gut ausbeuten, als wenn sie getrennt verliefen und normal angelegt wären.

Literatur.

Franke, Beiträge zur Kenntnis der Wurzelverwachsungen. Cohns Beiträge. II. Bd.

Lopriore (I), La fasciazione delle radici in rapporto ad azioni traumatiche. Atti Accad. Gioenia, Vol. XVII. Catania 1903.

— (II), Künstlich erzeugte Verbänderung bei *Phaseolus multiflorus*. Ber. der Deutschen bot. Gesellsch. Bd. XXII, 1904.

— (III), Verbänderung infolge des Köpfens. Ib.

— (IV), Regeneration von Wurzeln und Stämmen infolge traumatischer Einwirkungen. Résultats scientifiques du Congrès international de Botanique. Wien 1905, Jena 1906.

Noll, Über den bestimmenden Einfluß von Wurzelkrümmungen auf Entstehung und Anordnung der Seitenwurzeln. Thiels Landwirtschaftliche Jahrbücher 1900.

Van Tieghem (I), Mémoire sur la racine. Ann. des sciences nat. V. Série, XIII. 1869.

— (II), Sur les racines doubles et les bourgeons doubles des phanérogames. Journal de Botanique, T. I., 1887.

Wiesner (I), Über korrelative Transpiration mit Hauptrücksicht auf Anisophyllie und Phototrophie. Vorl. Mitt. in den Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-nat. Kl. Bd. CXIV. Abt. I. Mai 1905. Mit 2 Taf.

— (II), Die Anisophyllie der Pflanzen. Ibidem, Bd. CI. Abt. I. 1892.

— (III), Vorl. Mitteilung über die Erscheinung der Exotrophie. Ber d. Deutsch. bot. Ges. Bd. X. 1892.

— (IV), Über Trophieen nebst Bemerkungen über Anisophyllie. Ibidem, Bd. XIII. 1895.

Erklärung der Figuren.

Sämtliche Figuren wurden nach photographischen Aufnahmen, die zuweilen auf Grund der mikroskopischen Präparate durch Zeichnung ergänzt wurden, lithographiert. Vergr. 30—40 : 1.

Fig. 1—4: *Zea Mays.*

Fig. 1. Ein an der Ursprungsstelle einer Zwillingswurzel aus der Mutterwurzel geführter Querschnitt. An der Ursprungsstelle sind die beiden Wurzeln getrennt. Bei ihrem Weiterwachsen in vertikaler Richtung nähern sie sich, bis sie sich berühren und an der Berührungsstelle abflachen.

Fig. 2. Querschnitt durch eine brezelförmige, auf vorstehend beschriebene Weise entstandene Zwillingswurzel. Die beiden Leitbündelkörper zeigen diese exzentrische Lage.

Fig. 3. Querschnitt durch eine achtförmige, wie eine Zwillingswurzel aussehende, jedoch serial entstandene Seitenwurzel. Die Einschnürung des Leitbündelkörpers ist schon weit vorgeschritten.

Fig. 4. Querschnitt durch eine seriale Bandwurzel. Aus der flachen — in der Figur oberen — Seite brechen in gleicher Höhe und Richtung vier Seitenwurzeln hervor, von denen die zwei in der Mitte liegenden eine Zwillingswurzel bilden.

Fig. 5—8: *Vicia Faba.*

Fig. 5. Querschnitt durch die Ursprungsstelle einer Zwillingswurzel aus der Mutterwurzel. Letztere zeigt die Neigung, vom radiären in den bilateralen Bau überzugehen. Daher bilden sich die Xylemplatten und die Sklerenchyminseln verschieden aus. In der Richtung der kleinen — in der Figur unteren — Sklerenchyminsel hat sich eine Lücke gebildet, welche die völlige Verwachsung der zwei Hälften der Zwillingswurzel verhindert.

Fig. 6. Querschnitt durch eine, wie vorhin erwähnt, entstandene Zwillingswurzel. Der Bau der Rinde und der zwei tetrarchen Bündelkörper ist in beiden Hälften gleich.

Fig. 7. Querschnitt einer wie Zwillingswurzel aussehenden, jedoch serial entstandenen Bandwurzel. Trotz der hantelförmigen, regelmäßigen Gestalt sind die zwei tetrarchen Leitbündelkörper nicht gleich gebaut. Außerdem liegt in der Mitte eine kleine, weit reduzierte Stele.

Fig. 8. Querschnitt einer hexarchen Hauptwurzel an der Insertionsstelle einer Zwillingswurzel, in welche drei benachbarte Xylemplatten in gleicher Höhe und Richtung übertreten.

Berichtigung und Nachtrag.

Seite 109, Z. 3 v. u. lies nach zweireihig »getüpfelt«.

„ 148, Z. 13 v. o. lies den« statt »der«.

„ 154, Z. 6 v. o. lies »rechte« statt »linke«.

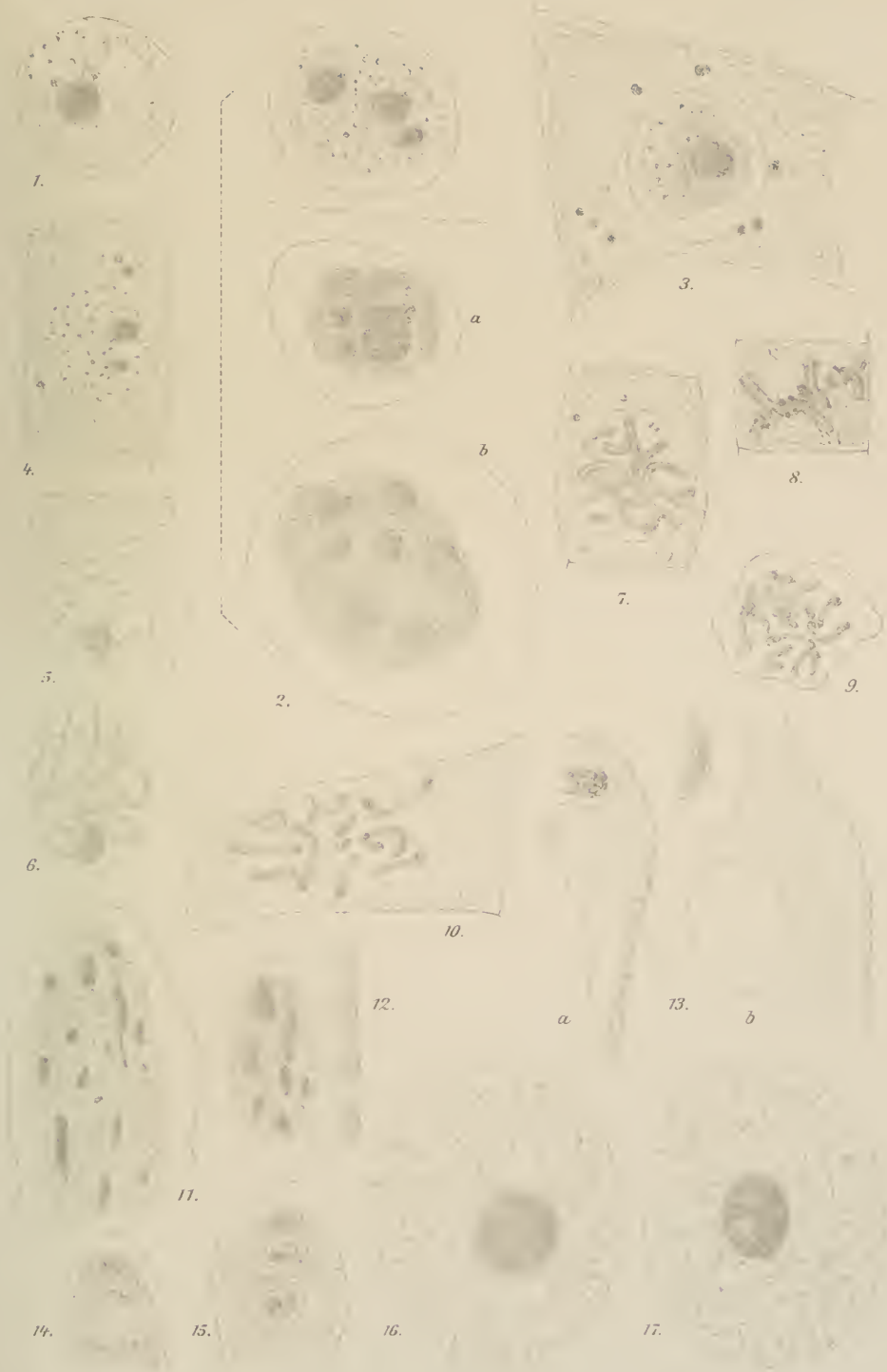
„ 157, Figurenerklärung; lies »bei den Seitenblüten sollte das fertile Fruchtknotenfach auf der Seite von β' sein«.

Seite 157, Z. 1 v. u. lies »wie ein Querschnitt durch eine junge Blüte zeigt« statt »der Querschnitt Fig. 4«.

Seite 163, Z. 2 v. o. lies »Korrelative« statt »Korrative«.

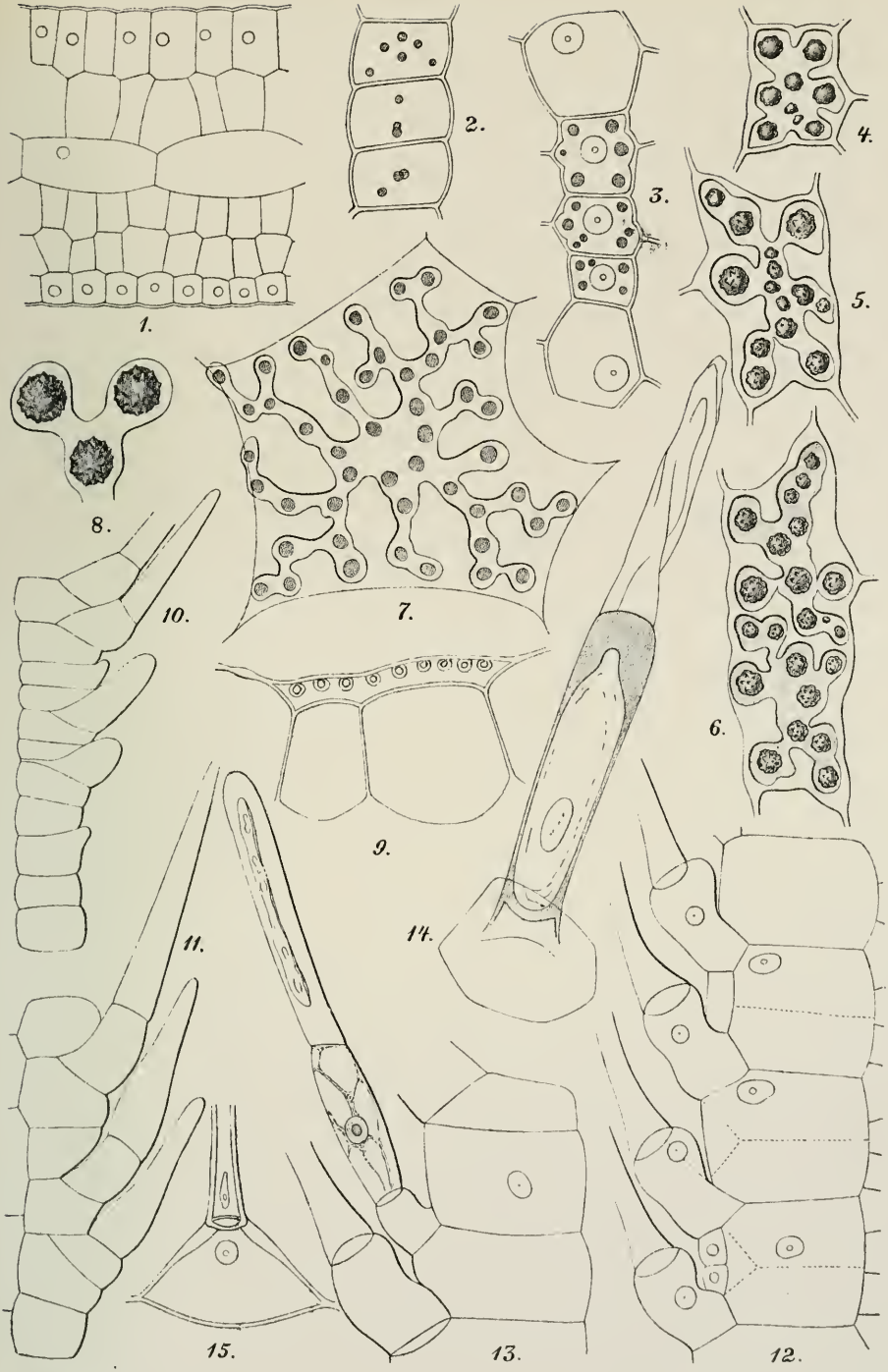
„ 166 ist vor dem Schlußabsatze einzufügen: »Schließlich sei noch auf das Verhalten einiger *Begonia*-Arten hingewiesen, welche sich dadurch auszeichnen, daß der dreikantige Fruchtknoten auf einer Seite einen weit vorspringenden Flügel besitzt. Dieser ist, soweit das untersucht wurde, stets der Seite der Pflanze zugewendet, auf der die größeren Blatthälften sich befinden. Die Dorsiventralität der Blüten steht also in Beziehung zur Dorsiventralität der ganzen Pflanze wie bei den Podostemonaceen.« (Vgl. Willis, Studies in the morphologie and ecology of the *Podostemonaceae*. Ann. of the roy. bot. gardens, Peradenya, I., 434.)

Seite 258, Z. 17 v. o. lies »Pyrrol« statt »Lassaigne«.



E. Strasburger gez.

Lith. Inst. Berlin



Aut. del.

Fig. 1.

Fig. 2.

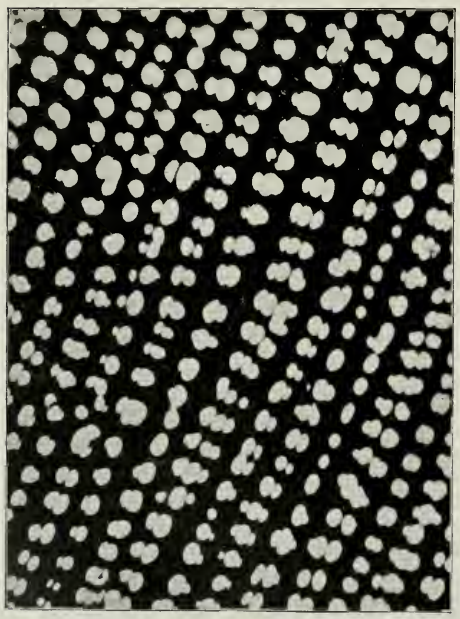


Fig. 3.

Fig. 4.

Graphische Lehr- und Versuchsanstalt in Wien phot.

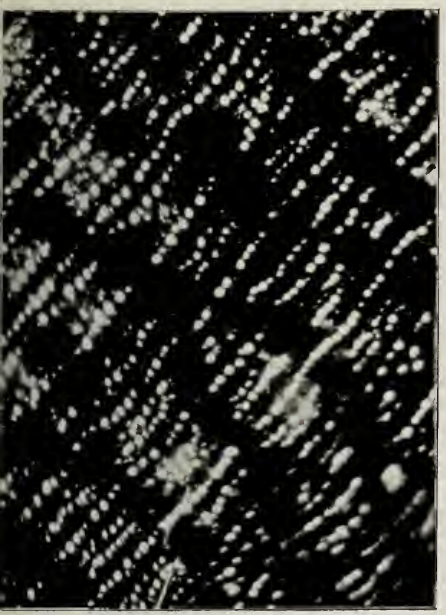


Fig. 5.

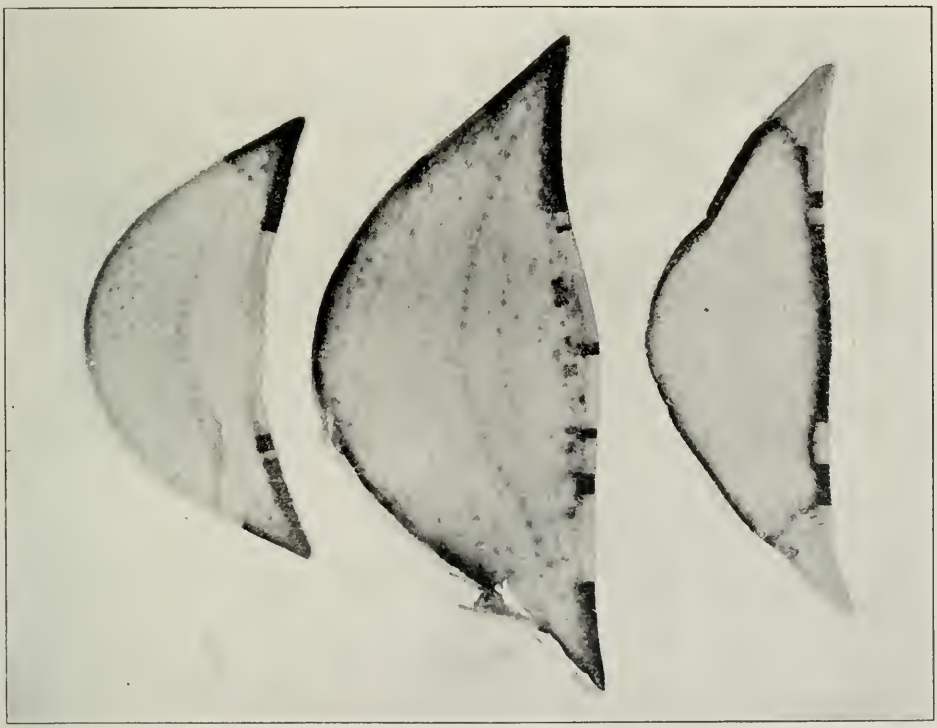
Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

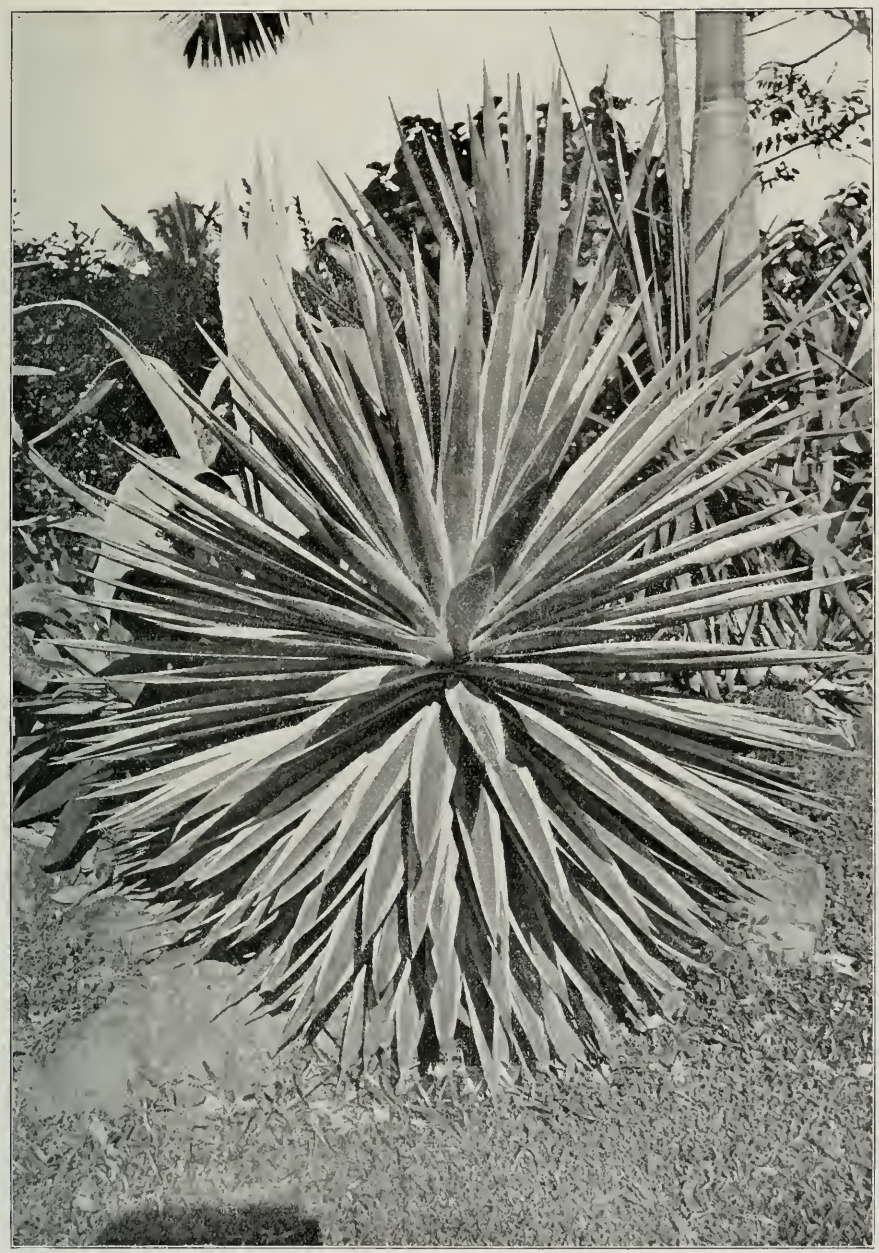
Über das Vorkommen von Physcion bei den Flechten.

E. Senft del. J. Fleischmann lith. Druck v. A. Bürger Wien, VIII/1



Autor phot. Variegations of Agave americana.

Autor phot. 1 Agave picta. × 1/2 2. Agave americana marginata.



Autor phot. Agave angustifolia marginata.

Autor phot. Agave Hookeri striata.

Autor phot. Agave albicans medio-picta.

Autor phot. Agave Morrisii marginata.

Autor phot. Agave Fourcroydes medio-picta.

Phot. Aufn. d. k. k. Samenkontrollstation in Wien.

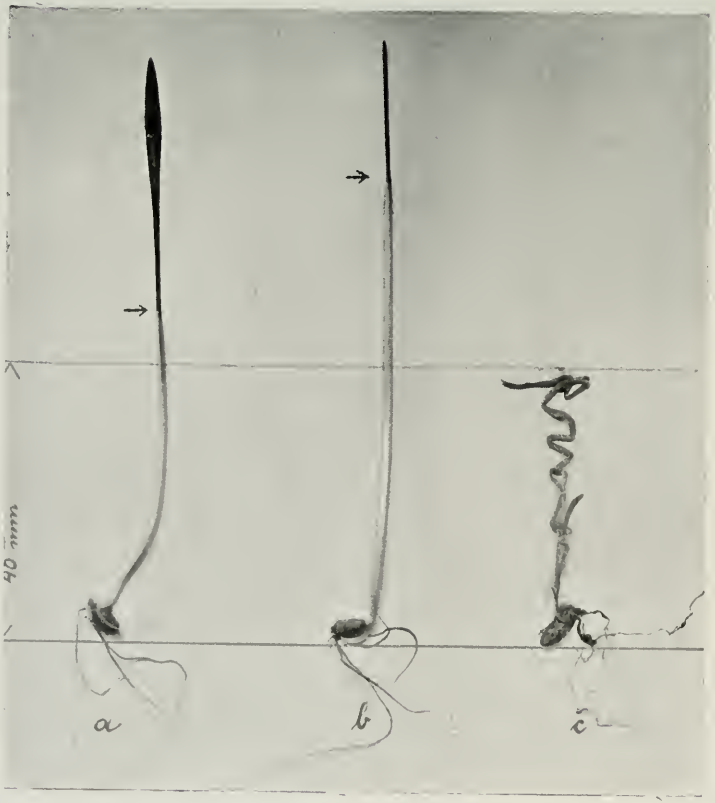
Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3 Fig. 4

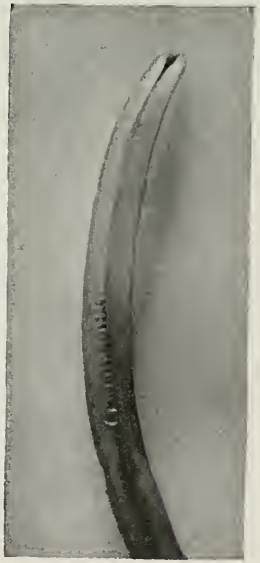
Phot. Aufn. d. k. k. Samenkontrollstation in Wien.

Fig 1 Fig. 2 Fig. 3 Fig. 4

Phot Aufn. d. k. k. Samenkontrollstation in Wien.

Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3 Fig. 4

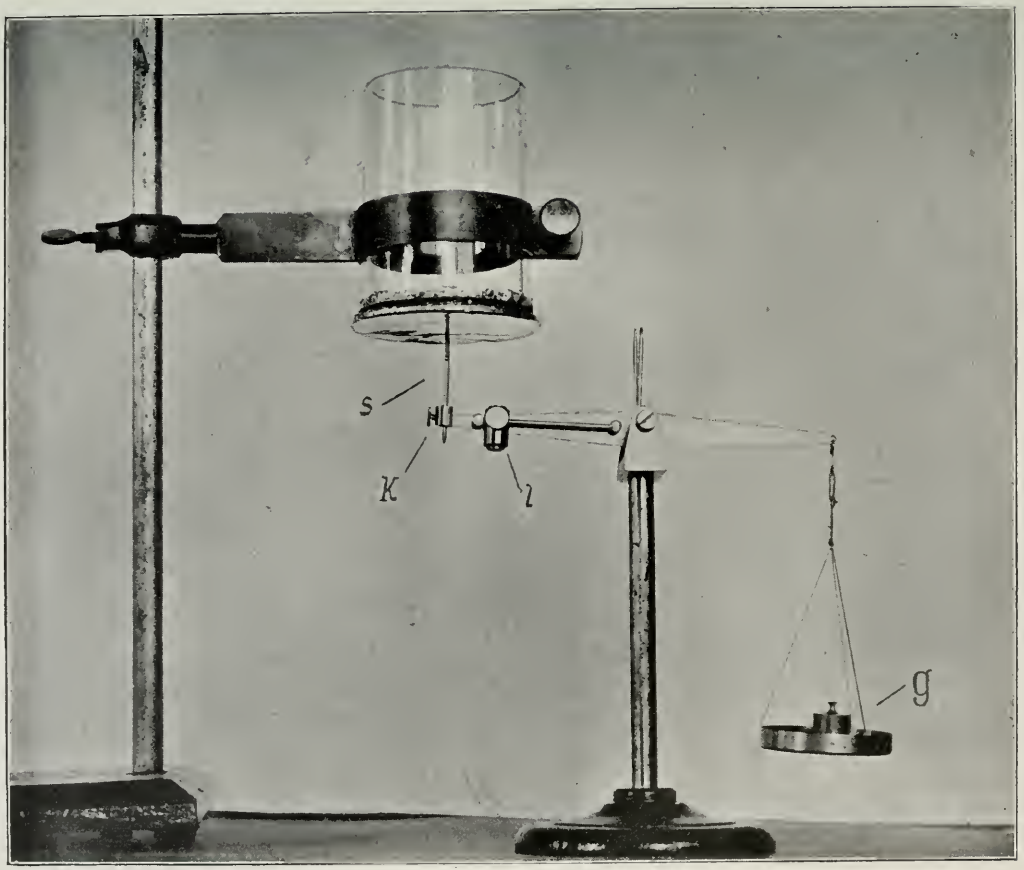




d

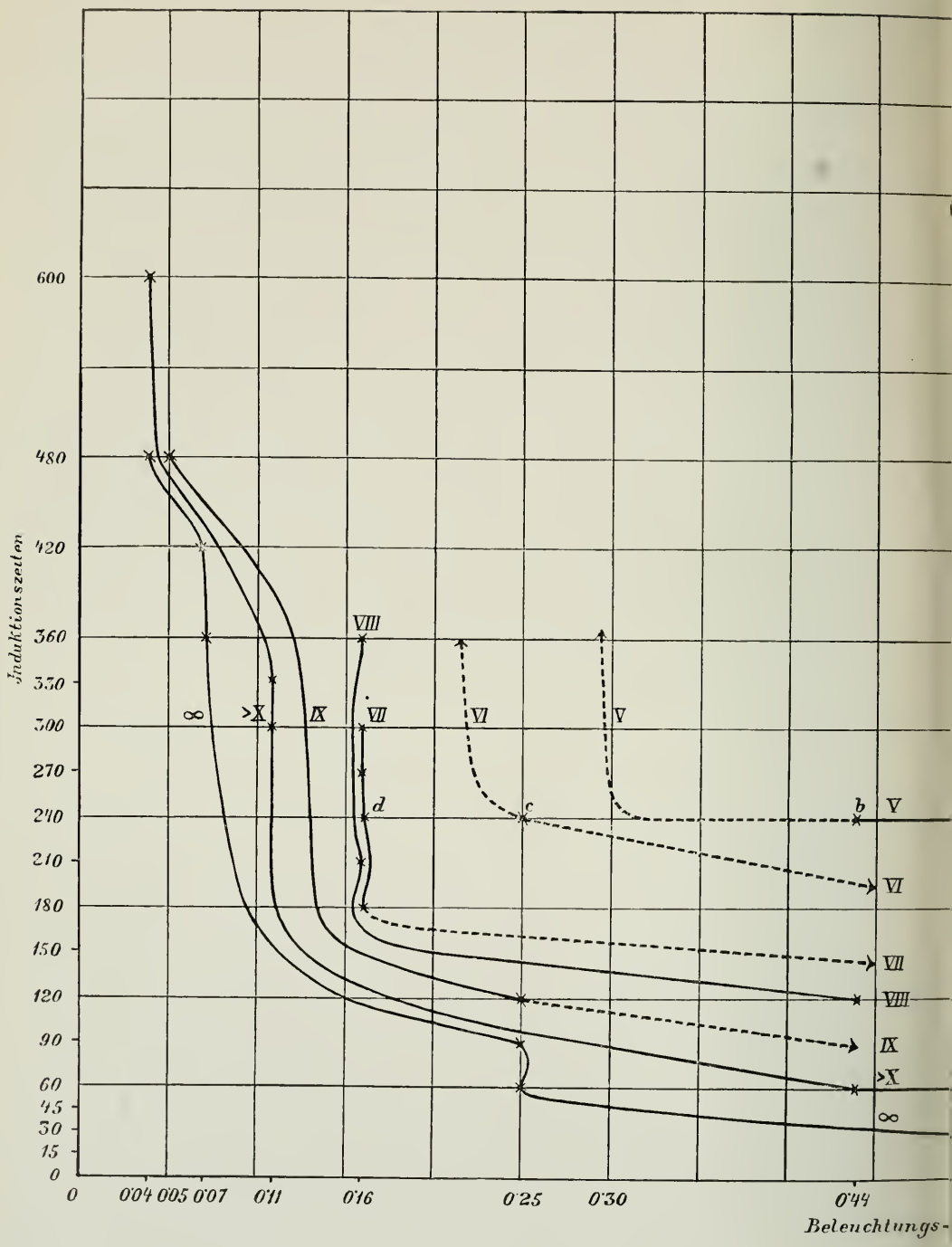
e

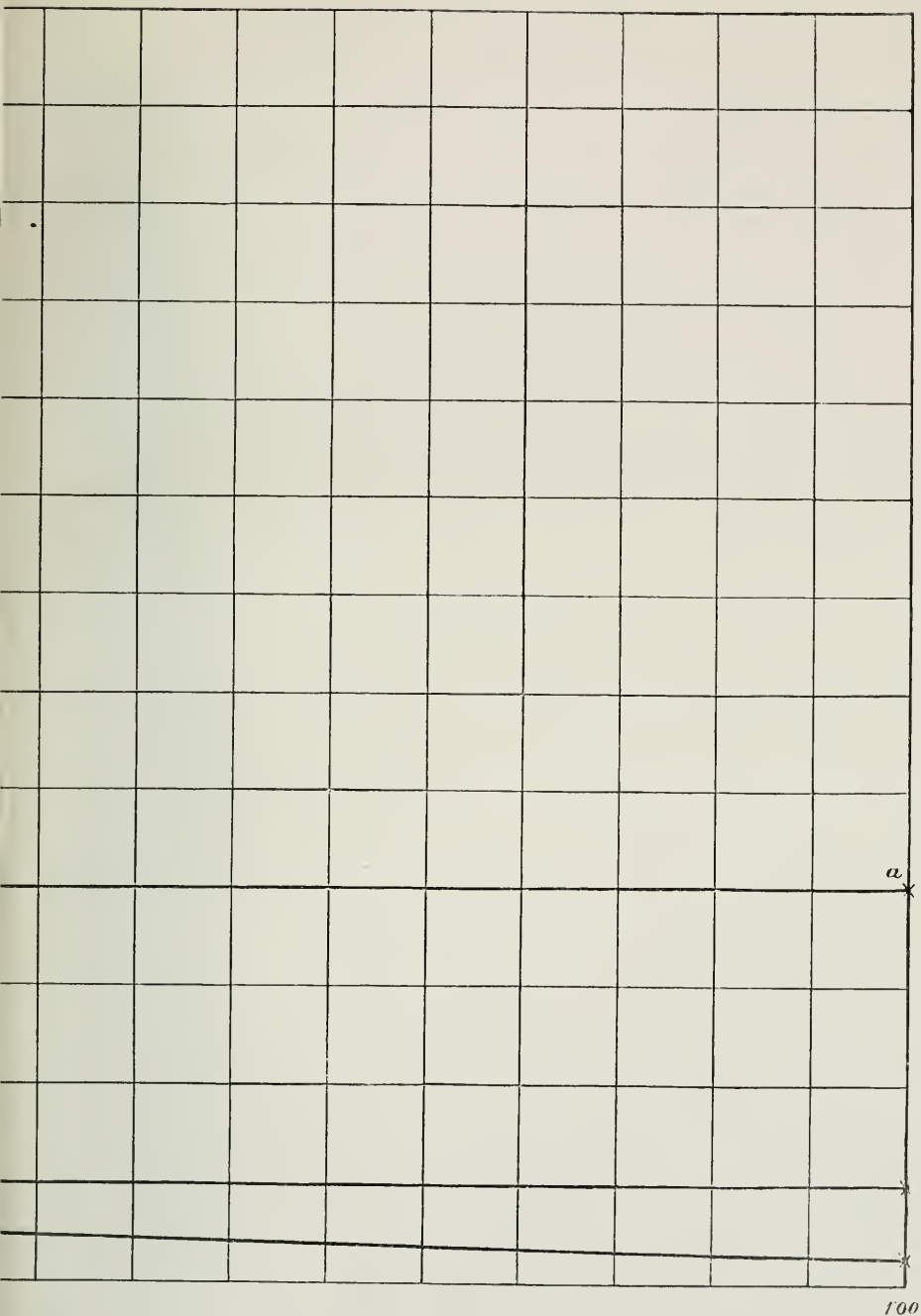
Photographie d. k. k. Samenkontrollstation in Wien.



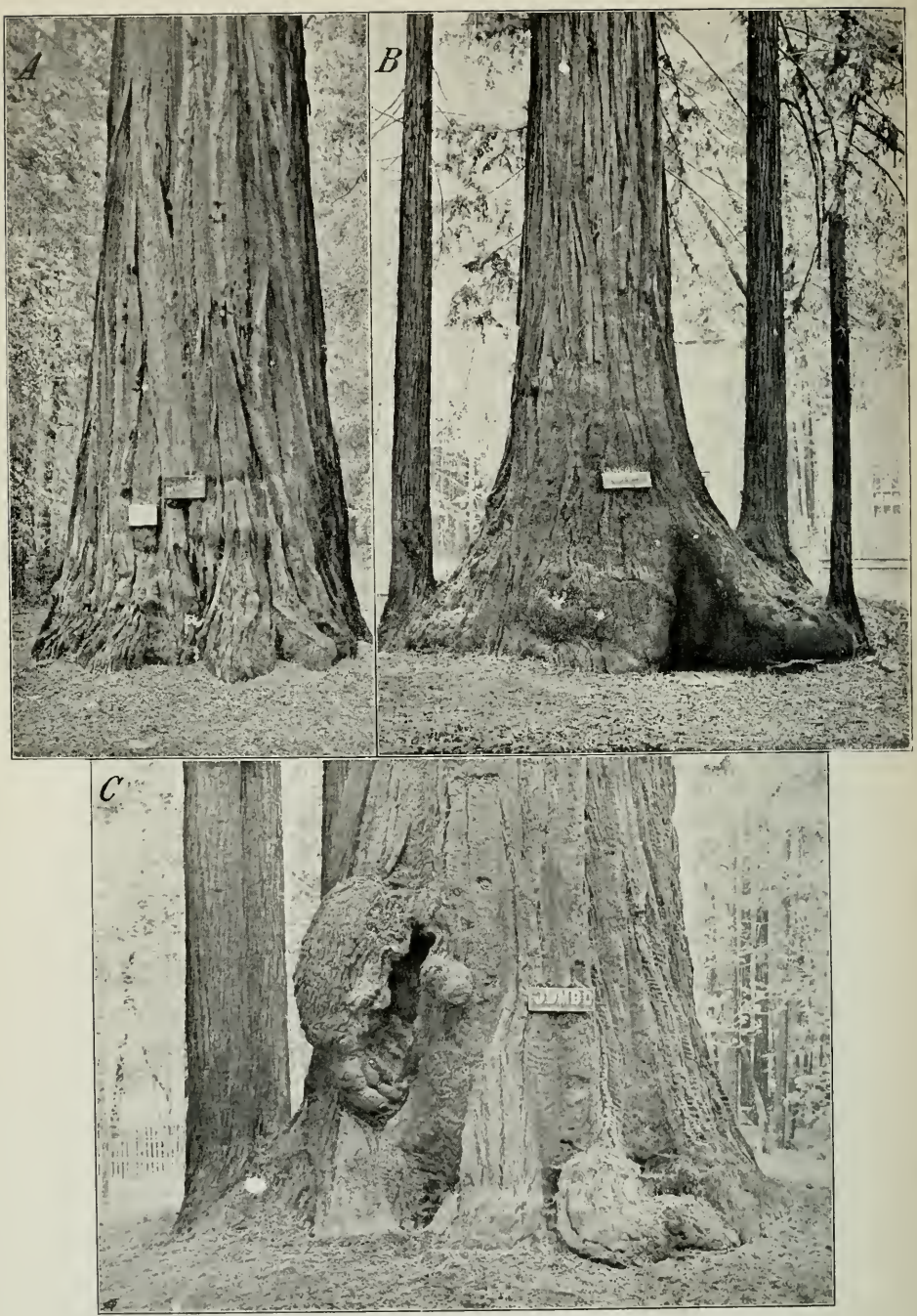
Phot. Aufn. d. k. k. Samenkontrollstation in Wien.

Perforationswage (nach v. Weinzierl).


600
480
420
360
330
300
270
240
210
180
150
120
90
60
45
30
15
0
Induktionszeiten
0
0·04
0·05
0·07
0·11
0·16
0·25
0·30
0·44
Beleuchtungs-
VIII
∞
>X
IX
VII
VI
V
d
c
b
V
VI
VII
VIII
IX
>X
∞



sitäten.

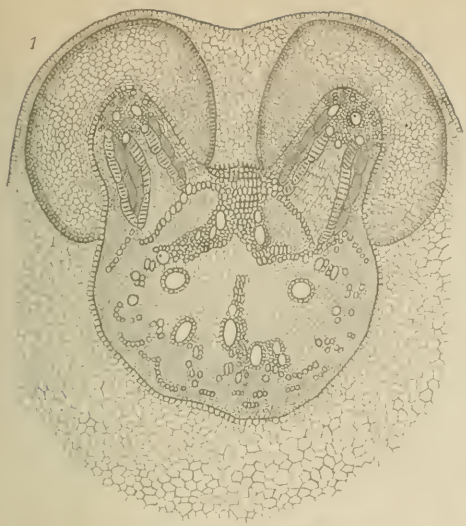

A
B
C

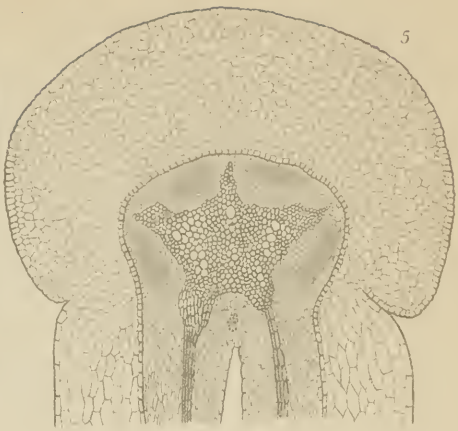
D
1
2

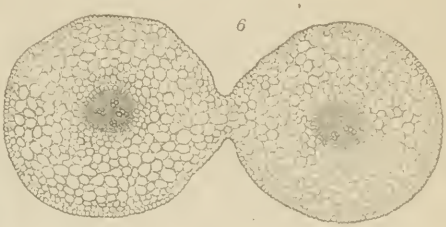
Nach d. Nat. phot.
Fig. 3.

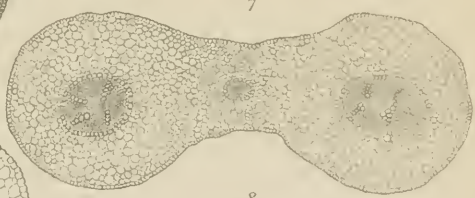
Fig. 4.

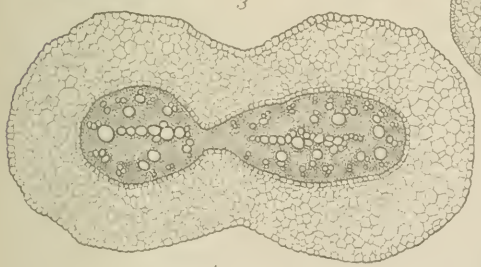
Fig. 5.

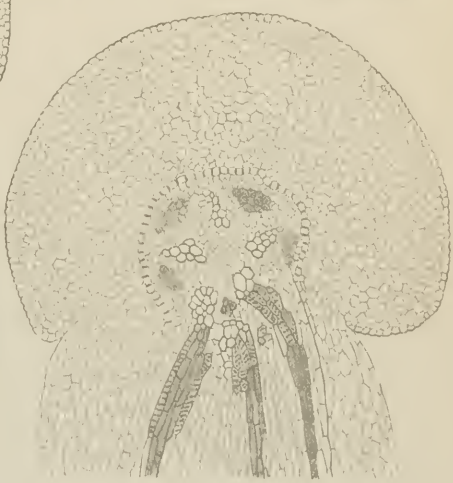


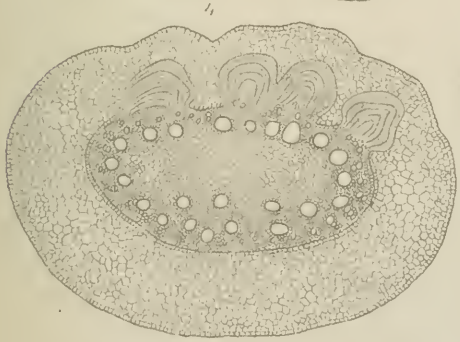












Aut. ad. nat. del. et phot.

Druck v. A. Berger, Wien VIII 2.

New York Botanical Garden Library
QK3 .W54
/Wiesner-Festschrift
gen
3 5185 00034 7771